



Europäisches  
Patentamt

European  
Patent Office

PH DE 030 409  
Office européen  
des brevets

REC'D 06 DEC 2004

WIPO

PCT

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-  
gen stimmen mit der  
ursprünglich eingereichten  
Fassung der auf dem näch-  
sten Blatt bezeichneten  
europäischen Patentanmel-  
dung überein.

The attached documents  
are exact copies of the  
European patent application  
described on the following  
page, as originally filed.

Les documents fixés à  
cette attestation sont  
conformes à la version  
initialement déposée de  
la demande de brevet  
européen spécifiée à la  
page suivante.

IB/04/52546

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

03104536.2

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

R C van Dijk





Anmeldung Nr:  
Application no.: 03104536.2  
Demande no:

Anmeldetag:  
Date of filing: 04.12.03  
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

Philips Intellectual Property & Standards  
GmbH  
Steindamm 94  
20099 Hamburg  
ALLEMAGNE  
Koninklijke Philips Electronics N.V.  
Groenewoudseweg 1  
5621 BA Eindhoven  
PAYS-BAS

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:  
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.  
If no title is shown please refer to the description.  
Si aucun titre n'est indiqué se referer à la description.)

Magnetfeldempfindliche Sensoranordnung

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s)  
revendiquée(s)  
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/  
Classification internationale des brevets:

G01N27/00

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten/Contracting states designated at date of  
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL  
PT RO SE SI SK TR LI



BESCHREIBUNG

## Magnetfeldempfindliche Sensoranordnung

Die Erfindung bezieht sich auf eine magnetfeldempfindliche Sensoranordnung.

- 5 Aus der Deutschen Patentanmeldung 101 41 371.8 ist eine magnetoresistive Sensoreinrichtung mit wenigstens einem Sensorelement zum Messen eines Magnetfeldes und einem dem Sensorelement zugeordneten Stützmagneten bekannt. In dieser Druckschrift ist ferner erwähnt, magnetoresistive Sensoreinrichtungen als Näherungssensor, Bewegungssensor oder Positionssensor einzusetzen. Hierbei wird ein externes Magnetfeld ausgenutzt,
- 10 das bei Positionsänderung des zu detektierenden Objektes relativ zur Quelle des externen Magnetfeldes ein proportionales Spannungssignal des Sensorelementes hervorruft. Anwendung finden derartige magnetoresistive Sensoreinrichtungen z.B. zur Detektion von Referenzmarken bei der Messung eines Kurbelwellenwinkels.
- 15 Die das Magnetfeld messenden Sensorelemente arbeiten gemäß den Angaben in der Deutschen Patentanmeldung 101 41 371.8 üblicherweise nicht im Bereich ihrer Sättigung und beruhen auf dem Prinzip des anisotropen magnetoresistiven Effektes. Derartige Sensorelemente werden auch als AMR-Sensoren bezeichnet. Es ist bekannt, diesen Sensorelementen ein die Übertragungskennlinie stabilisierendes magnetisches Feld zu
- 20 überlagern, das üblicherweise durch einen dem Sensorelement zugeordneten Stützmagneten erfolgt. Im Falle passiver, ferromagnetischer zu detektierender Objekte kommt dem Magneten weiterhin die Aufgabe zu, ein Arbeitsfeld zur Verfügung zu stellen, dessen Änderung unter dem Einfluss des Objektes detektiert wird. Hierbei befinden sich Magnet und Sensorelement in einer definierten festen Position zueinander.
- 25 Aus der Deutschen Offenlegungsschrift 31 45 542 ist ein paramagnetischer Sauerstoffsensor bekannt, der die selektive Messung von Sauerstoff in Gasgemischen aufgrund der gegenüber anderen Gasen hervorstechenden paramagnetischen Eigenschaft ermöglicht. Diese bewirkt im Feld einer Hochfrequenzspule eine Induktivitätsänderung.
- 30 Der schwache Effekt erfordert Maßnahmen, um Störeinflüsse klein zu halten. Es sind

- mehrere Hochfrequenzspulen vorgesehen, die, in einem Gehäuse zur Umwelt thermisch und mechanisch abgeschirmt, untereinander gute thermische Kopplung aufweisen. Sie werden in Brückenschaltung betrieben, während ihre Induktionsfelder paarweise in dem Messgas und einem Referenzgas verlaufen. Die Spulen sind thermisch stabil als gedruckte
- 5 Silberspulen auf keramischem Träger ausgeführt. Mess- und Referenzgas sind in verspiegelten Quarzrohren gegenüber den Spulen gasdicht geführt. Die Rohre verlaufen in einer Ausführung durch das Innere der Spulen. In einer anderen Ausführung befinden sich die Spulen beiderseits auf einer rotierenden Platte, während die Rohre sehnenförmig neben der Platte im Induktionsfeld vorbeigeführt sind. Dieser Sauerstoffsensor ist für eine
- 10 Verwendung insbesondere in Atemschutz, Taucherei und Medizin vorgesehen.

Der Aufbau eines derartigen Sensors ist mit hohem technischem Aufwand verbunden.

- Die Erfindung hat die Aufgabe, eine einfache Sensoranordnung zur Messung eines ein
- 15 Magnetfeld beeinflussenden Mediums zu schaffen.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch eine magnetfeldempfindliche Sensoranordnung, umfassend

- eine erste Leiteranordnung mit wenigstens zwei elektrischen Halbbrücken mit je
- 20 wenigstens zwei Brückenzeigen, von denen wenigstens einer ein magnetfeldempfindliches Halbleiterelement enthält, welche Sensoranordnung in Abhängigkeit von der magnetischen Feldstärke einer als Messfeld bezeichneten, in einer Messrichtung der Sensoranordnung ausgerichteten Komponente eines Magnetfeldes am Ort wenigstens einer der Halbbrücken ein Messsignal liefert, sowie
- 25 ~~eine Vorrichtung, welche das Messfeld mit einem Wert ihrer magnetischen~~  
Feldstärke aufspannt, der von der magnetischen Permeabilität eines die Sensoranordnung wenigstens teilweise umgebenden Mediums abhängt, wodurch das Messsignal ein Maß für die magnetische Permeabilität des Mediums darstellt.
- 30 Mit einer derartigen Sensoranordnung kann der Anteil eines bestimmten Stoffes bekannter magnetischer Permeabilität in dem die Sensoranordnung umgebenden Medium leicht aus dem Messsignal bestimmt werden, indem dessen Wert mit einem für ein Medium bekannter Zusammensetzung bestimmten Wert ins Verhältnis gesetzt wird. Insbesondere

lassen sich so mit der erfindungsgemäßen Sensoranordnung flüssige oder gasförmige Medien ausmessen. Vorzugsweise lässt sich die Sauerstoffkonzentration in einem derartigen Medium bestimmen.

- 5 Die Ausformung der erfindungsgemäßen Sensoranordnung mit wenigstens einem magnetfeldempfindlichen Halbleiterelement ermöglicht dabei einen einfachen, kompakten und äußerst kostengünstigen Aufbau. Die Haltbarkeit gegenüber mechanischen und thermischen Beanspruchungen ist äußerst hoch. Gegenüber herkömmlichen, großvolumigen Sensoranordnungen mit einem Raumbedarf von ca. 1 bis 20 Litern wird
- 10 ein starker Miniaturisierungseffekt erzielt. Durch die Erfindung wird eine Sensoranordnung geschaffen, die klein, leicht, preiswert und sehr vielfältig einsetzbar ist. Außer einem Einsatz in den Bereichen der chemischen, physikalischen oder biologischen Labortechnik, des Sports, der Medizin oder des Atemschutzes im weitesten Sinne wird mit der erfindungsgemäßen Sensoranordnung auch und gerade ein Einsatz im Bereich der
- 15 Konsumtechnik, insbesondere der Kraftfahrzeugtechnik, möglich. Hier gehört insbesondere die Messung der Sauerstoffzufuhr zu Verbrennungsmaschinen sowie des Sauerstoffgehaltes in Verbrennungsabgasen zu den bevorzugten Einsatzgebieten.

- Insbesondere ist in der erfindungsgemäßen magnetfeldempfindlichen Sensoranordnung das
- 20 wenigstens eine magnetfeldempfindliche Element als magnetoresistives Element ausgebildet. Wegen der damit erzielbaren höheren Werte des Messsignals und der somit gegebenen höheren Störsicherheit werden als magnetoresistive Elemente vorzugsweise solche eingesetzt, die als magnetoresistiven Effekt den sogenannten TMR-Effekt oder den sogenannten GMR-Effekt ausnutzen. Auch magnetoresistive Elemente, die als
- 25 magnetoresistiven Effekt den sogenannten AMR-Effekt nutzen, sind einsetzbar, wobei sich aufgrund deren physikalischer Eigenschaften geringere Werte für das Messsignal einstellen. Abhängig von dem genutzten magnetoresistiven Effekt und ggf. weiterer, für den Aufbau verwendeter Materialien, z.B. Gehäusematerialien, kann ein Einsatz derartig ausgestalteter Sensoranordnungen in einem weiten Temperaturbereich erfolgen. Beispielsweise ist ein
- 30 Temperaturbereich von  $-65^{\circ}\text{C}$  bis  $500^{\circ}\text{C}$  möglich. Grundsätzlich ebenfalls einsetzbar sind den Hall-Effekt nutzende Elemente.

Vorzugsweise ist die das Magnetfeld aufspannende Vorrichtung mit einem Stützmagneten

ausgebildet. Dieser ist bevorzugt als Permanentmagnet ausgestaltet, womit ein besonders einfacher, robuster und kostengünstiger Aufbau der erfindungsgemäßen Sensoranordnung möglich ist. Ist dagegen ein Magnetfeld mit einer einstellbaren Feldstärke gewünscht, kann die das Magnetfeld aufspannende Vorrichtung auch mit Spulen ausgebildet sein, denen zur  
5 Erzeugung des Magnetfeldes ein Strom zugeführt wird.

Der Stützmagnet ist nach einer Weiterbildung der Erfindung an einer seiner Oberflächen mit einer Ausnehmung ausgestaltet, über oder in der die erste Leiteranordnung angeordnet ist. Derartige Ausnehmungen als solche sind als muldenartige Vertiefungen bereits in der  
10 Deutschen Patentanmeldung 101 41 371.8 beschrieben. Dort ist ferner angegeben, dass die muldenartigen Vertiefungen von ebenen Flächen oder zur Positionierebene verlaufenden konkaven Flächen gebildet werden. Durch eine derartige Ausgestaltung wird in der in dieser Druckschrift dargestellten Sensoreinrichtung in einfacher Weise erreicht, dass im Positionierbereich des Sensorelementes in der Positionierebene liegende magnetische Felder  
15 besonders optimal minimiert werden können. Ein derartig ausgebildeter Verlauf der magnetischen Feldlinien wird auch als „divergenzfrei“ bezeichnet. Eine graben- oder topfförmige Ausnehmung ist zur Erzeugung eines divergenzfreien Feldes besonders vorteilhaft.

Gemäß einer weiteren Fortbildung der erfindungsgemäßen magnetfeldempfindlichen Sensoranordnung ist der Stützmagnet derart magnetisiert, dass die Feldlinien des von ihm aufgespannten Magnetfeldes im wesentlichen senkrecht aus einer Bodenfläche der Ausnehmung austreten. Damit lässt sich in günstiger Weise ein Magnetfeld am Ort der ersten Leiteranordnung erreichen, welches gerade dann wenigstens nahezu divergenzfrei ist, wenn die Leiteranordnung von einem Medium umgeben ist, dessen relative magnetische Permeabilität wenigstens nahezu den Wert 1 annimmt. Der Wert der magnetischen Feldstärke  
20 des Messfeldes am Ort der ersten Leiteranordnung ist in diesem Fall wenigstens nahezu Null. Andererseits wird durch diese Gestaltung der Oberfläche des Stützmagneten des Feldlinienverlaufs erreicht, dass der Wert der magnetischen Feldstärke des Messfeldes mit steigendem Wert der relativen magnetischen Permeabilität des die erste Leiteranordnung  
25 umgebenden Mediums zunimmt. Dadurch wird in einfacher Weise erreicht, dass der Wert des Messsignals ein Maß für die magnetische Permeabilität des Mediums und damit dessen Zusammensetzung darstellt.

In einer anderen Ausgestaltung weist die erfindungsgemäße magnetfeldempfindliche



Sensoranordnung wenigstens eine zweite Leiteranordnung zum Erzeugen wenigstens einer ersten zusätzlichen Magnetfeldkomponente in der Messrichtung der Sensoranordnung auf. Diese erste zusätzliche Magnetfeldkomponente ist dem Messfeld überlagerbar und kann zum Kompensieren von bestimmten Anteilen oder des gesamten Messfeldes dienen. Die

5 zweite Leiteranordnung wird daher auch als Kompensationsleiter bezeichnet. Zum Aufbau der ersten zusätzlichen Magnetfeldkomponente wird die zweite Leiteranordnung mit einem auch als Kompensationsstrom bezeichneten Strom beaufschlagt.

Bevorzugt ist dabei die wenigstens eine erste zusätzliche Magnetfeldkomponente zum

10 Überlagern und/oder Kompensieren eines der Sensoranordnung äußerlich aufgeprägten Magnetfeldes in der Messrichtung vorgesehen. Wird nämlich der Kompensationsstrom zu Messzwecken derart eingestellt, dass das gesamte Messfeld kompensiert wird, kann der Wert des Kompensationsstromes im Wege einer derartigen Kompensationsmessung auch als ein Messsignal ausgewertet werden. Andererseits kann der Kompensationsstrom auch

15 derart gewählt werden, dass der Einfluss von Störfeldern oder unerwünschte Verschiebungen des Wertes des Messsignals – sogenannte Offsets – ausgeglichen werden.

Eine andere Fortbildung der erfindungsgemäßen magnetfeldempfindlichen Sensoranordnung ist gekennzeichnet durch wenigstens eine dritte Leiteranordnung zum Erzeugen wenigstens einer zweiten zusätzlichen Magnetfeldkomponente in einer zur Messrichtung der

20 Sensoranordnung zumindest weitgehend rechtwinkligen Richtung. Insbesondere kann damit ein gesteuertes Umklappen der Kennlinie der Sensoranordnung, d.h. der Funktion des Wertes des Messsignals in Abhängigkeit von der magnetischen Feldstärke des Messfeldes, erzielt werden. Dieses Umklappen, das sogenannte „Flippen“, erfolgt im Nulldurchgang der Feldstärke der Komponente des magnetischen Feldes rechtwinklig zur Richtung des

25 Messfeldes. Die dritte Leiteranordnung wird daher auch als „Flipleiter“ und der sie zum Erzeugen der wenigstens einen zweiten zusätzlichen Magnetfeldkomponente durchfließende Strom als „Flipstrom“ bezeichnet. Mit Hilfe dieses „Flippens“ der Kennlinie kann vorteilhaft ein ihr behafteter Offset ermittelt werden. Damit kann die wenigstens eine zweite

30 zusätzliche Magnetfeldkomponente zum Einstellen eines Arbeitspunktes der Sensoranordnung herangezogen werden und ist bevorzugt dafür vorgesehen.

In einer anderen Ausgestaltung der Erfindung ist die magnetfeldempfindliche Sensoran-

- ordnung gekennzeichnet durch eine Auswerteschaltung, der das Messsignal der Sensoranordnung zugeleitet wird, sowie eine mit der Auswerteschaltung gekoppelte Temperaturmessvorrichtung, in der ein Temperatursignal erzeugt wird, welches ein Maß für die aktuelle Temperatur der Sensoranordnung bzw. des sie umgebenden Mediums ist, wobei das Temperatursignal ebenfalls der Auswerteschaltung zugeführt wird zum Kompensieren einer temperaturbedingten Änderung des Messsignals der Sensoranordnung. Die Temperaturmessvorrichtung ist z.B. durch einen zusätzlichen, den Leiteranordnungen oder der Auswerteschaltung extern zugefügten Sensor gebildet, kann aber auch durch eine intern in die Auswerteschaltung aufgenommene Sensoreinrichtung gebildet sein. Durch Heranziehen einer solchen Temperaturmessvorrichtung kann vorteilhaft der Einfluss von Temperaturschwankungen auf das Messsignal aus diesem eliminiert und somit die Einflussgrößen Temperatur und magnetische Permeabilität voneinander unterschieden werden.
- 15 Insbesondere umfasst dabei das Kompensieren der temperaturbedingten Änderung des Messsignals der Sensoranordnung in der Auswerteschaltung vorteilhaft auch das Kompensieren einer Temperaturabhängigkeit der Vorrichtung, welche das Messfeld aufspannt. Damit wird nicht nur eine Kompensation des Temperaturgangs der ersten Leiteranordnung, sondern auch des Stützmagneten, z.B. der Remanenzinduktion des Materials, aus dem dieser Stützmagnet geformt ist, erreicht.

- Vorteilhaft erfolgt das Kompensieren temperaturbedingter Änderungen des Messsignals der Sensoranordnung in der Auswerteschaltung gemäß einer ersten Variation durch Umwandeln der Werte des Messsignals nach einer vorgegebenen Funktion der Temperatur. Dies wird insbesondere durch rechnerische Kompensation bei der weiteren Signalverarbeitung des Messsignals in einer von der Auswerteschaltung umfassten Recheneinrichtung vorgenommen. In einer zweiten Variation ist wenigstens eine mit der Auswerteschaltung gekoppelte und von dieser gemäß einer vorgegebenen Funktion der Temperatur gespeiste vierte Leiteranordnung vorgesehen zum Aufprägen wenigstens einer dritten zusätzlichen Magnetfeldkomponente zum Kompensieren temperaturbedingter Änderungen des Messsignals der Sensoranordnung. Eine derartige Temperaturkompensation ist bevorzugt mit felderzeugenden Spulen durchführbar, die mit der Vorrichtung, welche das Messfeld mit einem Wert ihrer magnetischen Feldstärke aufspannt, d.h. insbesondere auch mit dem Stützma-

gneten, verbunden sind. Ihre Ansteuerung erfolgt durch die Auswerteschaltung und die damit gekoppelte Temperaturmessvorrichtung.

- 5 Nach einer anderen Fortbildung ist die magnetfeldempfindliche Sensoranordnung gekennzeichnet durch wenigstens eine fünfte Leiteranordnung, die wenigstens eine elektrische Halbbrücke mit wenigstens zwei gegenüber Magnetfeldern unempfindlichen Brückenzweigen umfasst, welche fünfte Leiteranordnung mit der ersten Leiteranordnung oder Teilen derselben in einem vorgegebenen Betriebszustand der Sensoranordnung zu einer Brückenschaltung verbunden ist. Diese fünfte Leiteranordnung ist zum Liefern eines
- 10 von den Magnetfeldern unabhängigen Referenzsignals vorgesehen und wird auch als „Referenzhalbbrücke“ bezeichnet.

- In einer Weiterbildung ist dabei die fünfte Leiteranordnung mit wenigstens der ersten Leiteranordnung auf einem gemeinsamen Bauelement zusammengefasst. In diesem Fall ist
- 15 die „Referenzhalbbrücke“ mit der auch als „Sensorbrücke“ bezeichneten Leiteranordnung integriert. Diese enge Verbindung sorgt für zwischen der Referenzhalbbrücke und der Sensorbrücke möglichst weitgehend angepasste Betriebsparameter, insbesondere wenigstens weitgehend übereinstimmende Temperaturen.

- 20 In einer anderen Weiterbildung ist die fünfte Leiteranordnung mit wenigstens der Auswerteschaltung auf einem gemeinsamen Bauelement zusammengefasst ist. Durch eine derartige Integration der Referenzhalbbrücke mit der Auswerteschaltung wird zwischen diesen Baugruppen eine möglichst weitgehende Anpassung insbesondere der Fertigungstoleranzen und der Betriebstemperatur erreicht.

25

- In einer anderen Ausgestaltung der erfindungsgemäßen magnetfeldempfindlichen Sensoranordnung umgibt das die Sensoranordnung umgebende Medium die erste Leiteranordnung nur im Bereich eines Teils ihrer Halbbrücken und ist die Sensoranordnung im übrigen von einem Werkstoff umgeben, der einen Einfluss der
- 30 magnetischen Permeabilität des Mediums auf wenigstens eine der Halbbrücken der ersten Leiteranordnung unterdrückt. Vorzugsweise ist dabei das wenigstens eine magnetfeldempfindliche Halbleiterelement einer ersten der Halbbrücken von dem Medium umgeben, dessen magnetische Permeabilität und damit Zusammensetzung gemessen

- werden soll, und das wenigstens eine magnetfeldempfindliche Halbleiterelement einer zweiten der Halbbrücken ist von dem Werkstoff umgeben, der den Einfluss der magnetischen Permeabilität des Mediums auf das wenigstens eine magnetfeldempfindliche Halbleiterelement unterdrückt. Dieser Werkstoff kann magnetisch leitend oder magnetisch nichtleitend sein. Insbesondere ist seine magnetische Permeabilität in Abstimmung mit der Gestaltung der Vorrichtung, welche das Messfeld mit einem Wert ihrer magnetischen Feldstärke aufspannt, vorzugsweise des Stützmagneten, derart gewählt, dass in der Umgebung der zweiten Halbbrücke ein divergenzfreies Magnetfeld entsteht.
- 5
- 10 Die zweite und die dritte Leiteranordnung können vorzugsweise einzelne Abschnitte aufweisen, die räumlich und funktionsmäßig den einzelnen Halbbrücken der ersten Leiteranordnung zugeordnet sind, d.h. sie sind in ihrer Nähe angeordnet und wirken im Betrieb bevorzugt auf sie. Diese Abschnitte der zweiten und dritten Leiteranordnung sind dann bevorzugt in entsprechender Weise vom zu messenden Medium bzw. vom den
- 15 Einfluss der magnetischen Permeabilität des zu messenden Mediums unterdrückenden Werkstoff umgeben.

- Die magnetfeldempfindliche Sensoranordnung nach der Erfindung ist vorteilhaft einsetzbar für die Messung insbesondere gasförmiger oder flüssiger Medien. Bevorzugt ist sie
- 20 gekennzeichnet durch eine Ausgestaltung für ein Medium mit variablem Sauerstoffgehalt. Damit lässt sie sich besonders günstig als Sauerstoffsensor einsetzen. Ein derartiger Sauerstoffsensor ist zumindest weitgehend unempfindlich gegenüber
- einem von Null verschiedenen Messsignal in einem sauerstofffreien Medium, d.h. einem Offset im Messsignal,
- 25 - temperatur- und alterungsbedingten Änderungen des Offsets, der Messempfindlichkeit und der magnetischen Feldstärke des Messfeldes sowie
- externen magnetischen Störfeldern.

30 Damit eignet sich die magnetfeldempfindliche Sensoranordnung nach der Erfindung in besonderer Weise für den Einsatz im Bereich der Kraftfahrzeugtechnik.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im nachfolgenden näher erläutert. Es zeigen

- Fig. 1 eine Draufsicht auf ein erstes Ausführungsbeispiel einer magnetfeldempfindlichen Sensoranordnung nach der Erfindung in schematischer Darstellung,
- Fig. 2 eine Draufsicht auf die Leiteranordnungen des ersten Ausführungsbeispiels der magnetfeldempfindlichen Sensoranordnung gemäß der Erfindung nach Fig. 1 in schematischer Darstellung,
- 5 Fig. 3 eine schematische Darstellung eines Schnitts durch die Sensoranordnung nach Fig. 1 in einer Ebene, die entlang der y-Achse senkrecht zur Zeichenebene der Fig. 1 verläuft, mit der Ausbildung eines Magnetfeldes in einem ersten Betriebszustand,
- Fig. 4 ein Diagramm, in dem ein Beispiel für die magnetische Feldstärke des Messfeldes in Richtung der y-Achse in Abhängigkeit vom Abstand vom Koordinatennullpunkt
- 10 für den in Fig. 3 dargestellten ersten Betriebszustand aufgetragen ist,
- Fig. 5 eine schematische Darstellung eines Schnitts durch die Sensoranordnung nach Fig. 1 in einer Ebene, die entlang der y-Achse senkrecht zur Zeichenebene der Fig. 1 verläuft, mit der Ausbildung eines Magnetfeldes in einem zweiten Betriebszustand,
- 15 Fig. 6 ein Diagramm, in dem ein Beispiel für die magnetische Feldstärke des Messfeldes in Richtung der y-Achse in Abhängigkeit vom Abstand vom Koordinatennullpunkt für den in Fig. 5 dargestellten zweiten Betriebszustand aufgetragen ist,
- Fig. 7 ein Diagramm mit einer schematischen Darstellung einer Kennlinie eines magnetoresistiven Sensors mit einem Offset und einem durch Anlegen einer zweiten zusätzlichen Magnetfeldkomponente in Richtung der x-Achse gesteuerten Umklappen des Kennlinienverlaufs, worin der Wert des Messsignals über dem Wert der magnetischen Feldstärke des Messfeldes aufgetragen ist,
- 20 Fig. 8 ein Diagramm mit einer schematischen Darstellung der Temperaturabhängigkeit einer Kennlinie eines magnetoresistiven Sensors gemäß dem Schema nach Fig. 7,
- 25 Fig. 9 eine Draufsicht auf ein zweites Ausführungsbeispiel einer magnetfeldempfindlichen Sensoranordnung nach der Erfindung in schematischer Darstellung,
- Fig. 10 eine Draufsicht auf die Leiteranordnungen des zweiten Ausführungsbeispiels der magnetfeldempfindlichen Sensoranordnung gemäß der Erfindung nach Fig. 9 in schematischer Darstellung,
- 30 Fig. 11 ein Diagramm mit der Darstellung eines Beispiels der Abhängigkeit der magnetischen Feldstärke des Messfeldes von der relativen magnetischen Permeabilität,
- Fig. 12 ein erstes Beispiel für die Ausgestaltung eines Stützmagneten zum Einsatz in einer

erfindungsgemäßen magnetfeldempfindlichen Sensoranordnung,

Fig. 13 ein zweites Beispiel für die Ausgestaltung eines Stützmagneten zum Einsatz in einer erfindungsgemäßen magnetfeldempfindlichen Sensoranordnung und

Fig. 14 ein drittes Beispiel für die Ausgestaltung eines Stützmagneten zum Einsatz in einer  
5 erfindungsgemäßen magnetfeldempfindlichen Sensoranordnung.

In den Zeichnungen sind übereinstimmende Elemente mit identischen Bezugszeichen versehen.

- 10 Fig. 1 zeigt schematisch die Draufsicht auf einen Stützmagneten 1 mit quadratischem Grundriss, der an seiner Oberfläche 2 mit einer zentrisch ausgerichteten Ausnehmung 3 ausgestaltet ist, in deren Mitte ein plättchenförmiges Halbleitersubstrat 4 planparallel zur Oberfläche 2 angeordnet ist. Das Halbleitersubstrat 4 trägt an seiner dem Stützmagneten 1 abgewandten Oberfläche 5 eine erste Leiteranordnung, die durch die schematische  
15 Darstellung von vier magnetfeldempfindlichen Halbleiterelementen 6, 7, 8 und 9 angedeutet ist. Die Halbleiterelemente 6, 7, 8 und 9 sind in diesem Ausführungsbeispiel als magnetoresistive Widerstandselemente ausgebildet. Jedes der Halbleiterelemente 6, 7, 8 und 9 stellt einen Brückenast der ersten Leiteranordnung dar, wobei ein erstes und ein  
20 zweites der Halbleiterelemente mit den Bezugszeichen 6 und 7 eine erste von zwei elektrischen Halbbrücken und ein drittes und ein viertes der Halbleiterelemente mit den Bezugszeichen 8 und 9 die zweite dieser Halbbrücken bilden. Ein in der Oberfläche 5 des Halbleitersubstrats 4 liegendes kartesisches Koordinatensystem weist mit seiner y-Achse in die Messrichtung der Sensoranordnung und mit seiner x-Achse rechtwinklig dazu. Die x-Achse bezeichnet somit die auch insensitiv genannte Koordinatenrichtung der  
25 Sensoranordnung, die senkrecht zur sogenannten „hard-axis“ der magnetoresistiven Widerstandselemente verläuft. Die y-Achse bezeichnet somit die auch sensitiv genannte Koordinatenrichtung der Sensoranordnung, die senkrecht zur sogenannten „easy-axis“ der magnetoresistiven Widerstandselemente verläuft. Die magnetoresistiven Widerstandselemente erstrecken sich flächig auf der Oberfläche 5 des Halbleitersubstrats 4,  
30 d.h. in der x-y-Ebene des genannten kartesischen Koordinatensystems.

Fig. 2 zeigt eine detailliertere, schematische Darstellung des Halbleitersubstrats 4 des ersten Ausführungsbeispiels der magnetfeldempfindlichen Sensoranordnung gemäß der Erfindung

nach Fig. 1. Die Halbleiterelemente 6, 7, 8 und 9 sind elektrisch zu zwei Halbbrücken miteinander verbunden, die zwischen einem ersten und einem zweiten Versorgungsspannungsanschluss 10 bzw. 11 angeordnet sind. Die Halbleiterelemente 6, 7 bzw. 8, 9 der beiden Halbbrücken sind über je einen Verbindungspunkt 12 bzw. 13, der je eine Anzapfung zum Abgreifen des mit  $V_0$  bezeichneten Messsignals bildet, miteinander verbunden. Einer der beiden Versorgungsspannungsanschlüsse, z.B. der zweite 11, kann an Massepotential geführt sein.

Die Halbleiterelemente 6, 7, 8 und 9 sind in der Darstellung der Fig. 2 mit Schraffuren wiedergegeben, deren Neigung die Ausrichtung der sogenannten Barberpol-Strukturen symbolisiert, wenn die Halbleiterelemente 6, 7, 8 und 9 als sogenannte AMR-Elemente (diese Abkürzung steht hier für „anisotropic magnetoresistive“) ausgestaltet sind. Sind dagegen die Halbleiterelemente 6, 7, 8 und 9 als sogenannte GMR-Elemente (diese Abkürzung steht hier für „giant anisotropic magnetoresistive“) ausgestaltet, symbolisiert die Neigung der Schraffuren in der Wiedergabe der Halbleiterelemente 6, 7, 8 und 9 die Einstellung der sogenannten internen „Biasrichtung“ der GMR-Elemente.

Neben der die Halbleiterelemente 6, 7, 8 und 9 umfassenden ersten Leiteranordnung befindet sich auf der Oberfläche 5 des Halbleitersubstrats 4 eine zweite Leiteranordnung 14, die auch als Kompensationsleiter bezeichnet wird. Diese umfasst zu jedem der vier Halbleiterelemente 6, 7, 8 und 9 je einen auf diesem und ihm gegenüber elektrisch isoliert aufgetragenen Leiterstreifen 15, 16, 17, 18. Alle Leiterstreifen 15, 16, 17, 18 des Kompensationsleiters 14 sind in der dargestellten Weise miteinander in Reihenschaltung verbunden. An seinen Enden ist der Kompensationsleiter 14 mit Anschlüssen 19 und 20 verbunden. Wird dem Kompensationsleiter 14 ein Strom, auch als Kompensationsstrom bezeichnet, aufgeprägt, erzeugt jeder der Leiterstreifen 15, 16, 17, 18 am Ort des zugehörigen Halbleiterelements 6, 7, 8 bzw. 9 eine Magnetfeldkomponente in Messrichtung, d.h. in Richtung der y-Achse, die dem Messfeld überlagert wird und durch die ein äußeres Magnetfeld – insbesondere ein Störfeld, aber je nach Betriebsweise der Sensoranordnung ggf. auch das Messfeld – kompensiert werden kann. Dabei ist die Reihenschaltung der Leiterstreifen 15, 16, 17, 18 so ausgeführt, dass die vom ersten und zweiten Leiterstreifen 15 und 16 hervorgerufene Magnetfeldkomponente entgegengesetzt zu der vom dritten und vierten Leiterstreifen 17 und 18 hervorgerufenen Magnetfeldkomponente gerichtet ist.

Über der ersten und der zweiten Leiteranordnung 6, 7, 8, 9 und 14 ist bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 schließlich eine dritte Leiteranordnung 21 aufgebracht, die ebenfalls gegen die beiden anderen Leiteranordnungen elektrisch isoliert ist. Diese dritte, auch als Flipleiter bezeichnete Leiteranordnung 21 umfasst ebenfalls zu jedem der vier Halbleiterelemente 6, 7, 8 und 9 je einen auf diesem und ihm gegenüber sowie gegenüber den Leiterstreifen 15, 16, 17, 18 des Kompensationsleiters 14 elektrisch isoliert aufgetragenen Leiterstreifen 22, 23, 24 und 25. Allerdings sind die Leiterstreifen 22, 23, 24 und 25 des Flipleiters 21 rechtwinklig zu den Leiterstreifen 15, 16, 17, 18 des Kompensationsleiters 14 angeordnet, da durch sie bei Beaufschlagen mit einem Strom, dem sogenannten Flipstrom, eine zweite zusätzliche Magnetfeldkomponente in der zur Messrichtung  $y$  der Sensoranordnung rechtwinkligen insensitiven Richtung  $x$  erzeugt werden soll. Diese dient zum gesteuerten Umklappen der Kennlinie der Sensoranordnung, wenn die Halbleiterelemente 6, 7, 8 und 9 als AMR-Elemente ausgebildet sind, bzw. zum Einstellen der internen Biasrichtung, wenn die Halbleiterelemente 6, 7, 8 und 9 als GMR-Elemente ausgebildet sind. Auch alle Leiterstreifen 22, 23, 24 und 25 des Flipleiters 21 sind miteinander in Reihenschaltung verbunden. An seinen Enden ist der Flipleiter 21 mit Anschlüssen 26 und 27 verbunden. Dabei ist die Reihenschaltung der Leiterstreifen 22, 23, 24 und 25 so ausgeführt, dass alle von ihnen hervorgerufenen Magnetfeldkomponenten zu der  $x$ -Achse gleichartig ausgerichtet sind.

20

Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung eines Schnitts durch den Stützmagneten 1 und das Halbleitersubstrat 4 der Sensoranordnung nach Fig. 1 in einer Ebene, die entlang der  $y$ -Achse senkrecht zur Zeichenebene der Fig. 1 verläuft, mit der Ausbildung eines Magnetfeldes in einem ersten Betriebszustand, in dem die relative magnetische

Permeabilität  $\mu_{rel}$  eines Mediums, das die Sensoranordnung und darin insbesondere das Halbleitersubstrat 4 und die Oberfläche 2 des Stützmagneten 1 im Bereich der Ausnehmung 3 umgibt, den Wert 1 annimmt. Dies entspricht dem Betriebszustand in einem sauerstofffreien Medium. Die Feldlinien des vom Stützmagneten 1 in diesem Betriebszustand aufgespannten Magnetfeldes  $H$  verlaufen dann im Bereich des Halbleitersubstrats 4 und damit der darauf befindlichen ersten Leiteranordnung mit den Halbleiterelementen 6, 7, 8, 9 wenigstens nahezu ausschließlich rechtwinklig zu einer durch die  $x$ - und die  $y$ -Achse aufgespannten Ebene in einer als  $z$ -Achse bezeichneten Richtung. Damit ist das Magnetfeld  $H$  am Ort der ersten Leiteranordnung mit den

30



Halbleiterelementen 6, 7, 8, 9 wenigstens nahezu divergenzfrei, und die magnetische Feldstärke  $H_y$  des Messfeldes ist wenigstens nahezu Null.

5 In Fig. 4 ist mit beispielhaften Zahlenwerten der Verlauf der magnetischen Feldstärke  $H_y$  des Messfeldes über der  $y$ -Koordinate aufgetragen.

In dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel der Sensoranordnung wird bevorzugt ein Stützmagnet 1 verwendet, wie er in Fig. 12 separat dargestellt ist. Der Stützmagnet 1 gemäß Fig. 12 ist quaderförmig gestaltet. An seiner quadratisch ausgebildeten Oberfläche 2  
10 ist eine Ausnehmung 3 von ebenfalls quadratischem Grundriss vorgesehen. In dieser Ausnehmung 3 ist ein Halbleitersubstrat 4 angeordnet, dessen dem Stützmagneten 1 abgewandte Oberfläche 5 hier in der Ebene der Oberfläche 2 des Stützmagneten 1 liegt. In dieser Ebene ist ferner das kartesische Koordinatensystem aus  $x$ -Achse und  $y$ -Achse ausgerichtet, wobei die Achsen rechtwinklig zu den Begrenzungskanten der Oberfläche 2  
15 des Stützmagneten 1 verlaufen, die sie schneiden. Die rechtwinklig zu der durch die  $x$ - und die  $y$ -Achse aufgespannten Ebene verlaufende Koordinatenrichtung wird durch eine  $z$ -Achse gebildet, die im gezeigten Beispiel die Oberfläche 2, die Ausnehmung 3 und das Halbleitersubstrat 4 mittig durchdringt, so dass die Berandungen der Ausnehmung 3 in beiden Koordinatenrichtungen  $x$  und  $y$  nach allen Seiten gleich breit ausgeformt sind. Der  
20 Stützmagnet 1 ist ferner derart magnetisiert, dass für den Fall, dass die relative magnetische Permeabilitätskonstante  $\mu_{rel}$  den Wert 1 annimmt, zumindest in der vom Halbleitersubstrat 4 eingenommenen unmittelbaren Umgebung der  $z$ -Achse ein sowohl in Richtung der  $x$ -Achse als auch in Richtung der  $y$ -Achse wenigstens weitgehend divergenzfreies Magnetfeld aufgespannt wird. Als Bemessungsbeispiel kann ein derartiger  
25 Stützmagnet 1 die Außenabmessungen  $8\text{mm} \times 8\text{mm} \times 4,5\text{mm}$  aufweisen.

In Fig. 13 ist mit dem Bezugszeichen 100 eine Variation des Stützmagneten 1 nach Fig. 12 separat dargestellt, die eine kreiszylindrische Gestalt aufweist. An seiner kreisförmig ausgebildeten Oberfläche 200 ist eine Ausnehmung 300 von ebenfalls kreisförmigem  
30 Grundriss vorgesehen. In dieser Ausnehmung 300 ist das Halbleitersubstrat 4 angeordnet, dessen dem Stützmagneten 100 abgewandte Oberfläche 5 hier in der Ebene der Oberfläche 200 des Stützmagneten 100 liegt. In dieser Ebene ist ferner das kartesische Koordinatensystem aus  $x$ -Achse und  $y$ -Achse ausgerichtet, wobei die Achsen rechtwinklig

zu den Begrenzungskanten des Halbleitersubstrats 4 verlaufen, die sie schneiden. Die rechtwinklig zu der durch die x- und die y-Achse aufgespannten Ebene verlaufende Koordinatenrichtung wird auch hier durch eine z-Achse gebildet, die im gezeigten Beispiel die Oberfläche 200, die Ausnehmung 300 und das Halbleitersubstrat 4 mittig durchdringt, so dass die z-Achse mit der Rotationsachse der kreiszylindrischen Gestalt des Stützmagneten 100 zusammenfällt. Die Berandung der Ausnehmung 300 ist in allen Richtungen der durch die x- und die y-Achse aufgespannten Ebene gleich breit ausgeformt. Der Stützmagnet 100 ist ferner derart magnetisiert, dass für den Fall, dass die relative magnetische Permeabilitätskonstante  $\mu_{rel}$  den Wert 1 annimmt, zumindest in der vom Halbleitersubstrat 4 eingenommenen unmittelbaren Umgebung der z-Achse ein in allen Richtungen der durch die x- und die y-Achse aufgespannten Ebene wenigstens weitgehend divergenzfreies Magnetfeld aufgespannt wird.

Wird die Sensoranordnung nach Fig. 1 ausgehend von dem in Fig. 3 und 4 dargestellten Betriebszustand einem Medium mit höherem Wert der relativen magnetischen Permeabilitätskonstante  $\mu_{rel}$  ausgesetzt, beispielsweise einem sauerstoffhaltigen, gasförmigen Medium, verformt sich der in Fig. 3 angedeutete Verlauf des magnetischen Feldes H in der Weise, dass dieses im Bereich des Halbleitersubstrats 4 in Richtung der x-Achse und der y-Achse mehr und mehr divergent wird. Damit weist das Magnetfeld H, das die auf dem Halbleitersubstrat 4 angeordnete erste Leiteranordnung 6 durchdringt, eine mit wachsendem Wert der relativen magnetischen Permeabilitätskonstante  $\mu_{rel}$  zunehmende Komponente dieses Magnetfeldes H in der sensitiven Richtung der Sensoranordnung auf: die magnetische Feldstärke  $H_y$  des Messfeldes nimmt zu. Dadurch wird in der Sensoranordnung ein Messsignal  $V_o$  hervorgerufen, dessen Wert der magnetischen Feldstärke  $H_y$  des Messfeldes direkt proportional ist. Damit ist der Wert des Messsignals  $V_o$  direkt proportional dem Sauerstoffgehalt des die Sensoranordnung umgebenden Mediums.

Fig. 5 zeigt für einen Betriebszustand, in dem der Sauerstoffgehalt des die Sensoranordnung umgebenden Mediums 100% beträgt, eine schematische Darstellung eines Schnitts durch den Stützmagneten 1 und das Halbleitersubstrat 4 der Sensoranordnung nach Fig. 1 in einer Ebene, die entlang der y-Achse senkrecht zur Zeichenebene der Fig. 1 verläuft, mit der Ausbildung des Magnetfeldes H in diesem Betriebszustand, in dem die relative magnetische Permeabilität  $\mu_{rel}$  des Mediums, das die Sensoranordnung und darin insbesondere

das Halbleitersubstrat 4 und die Oberfläche 2 des Stützmagneten 1 im Bereich der Ausnehmung 3 umgibt, den Wert 1,15 annimmt. Dies entspricht dem Betriebszustand in einem Medium aus reinem Sauerstoff. Zum Vergleich sind in Fig. 5 einige der Feldlinienverläufe aus dem Betriebszustand nach Fig. 3 gestrichelt angedeutet.

5

Fig. 6 zeigt ein der Fig. 4 vergleichbares Diagramm der magnetischen Feldstärke  $H_y$  des Messfeldes in Abhängigkeit von der  $y$ -Koordinate für den in Fig. 5 gezeigten Betriebszustand mit beispielhaften Zahlenwerten und deutlich erkennbarem Anstieg der magnetischen Feldstärke  $H_y$  des Messfeldes in Abhängigkeit von der  $y$ -Koordinate.

10

Fig. 7 zeigt ein Diagramm mit einer schematischen Darstellung einer Kennlinie der magnetoresistiven Sensoranordnung nach Fig. 1, 2, 3 oder 5. Darin ist der Wert des Messsignals  $V_o$  über dem Wert der magnetischen Feldstärke  $H_y$  des Messfeldes aufgetragen. Das Messsignal  $V_o$  beschreibt in Abhängigkeit von der magnetischen

15 Feldstärke  $H_y$  des Messfeldes eine im wesentlichen sinusförmige Kurve, die eine mit offset bezeichnete Nullpunktverschiebung zeigt und deren Orientierung von der Richtung des Magnetfeldes in der insensitiven Richtung, d.h. der  $x$ -Achse, abhängt. In Fig. 7 sind beispielhaft zwei Kennlinienverläufe für zwei Richtungen des Magnetfeldes in Richtung der  $x$ -Achse dargestellt: der mit Vollinie gezeichnete Kennlinienverlauf stellt sich für ein in der  
20 einen Richtung orientiertes Magnetfeld ein, wohingegen bei Umkehr dieser Orientierung der gestrichelt gezeichnete Kennlinienverlauf erhalten wird. Dies ist durch die Pfeile an den Kennlinien und daran angebrachte Bezeichnung  $M_x$  symbolisiert.

Durch Umkehr der Richtung des auf die Sensoranordnung einwirkenden Magnetfeldes  
25 entlang der  $x$ -Koordinate kann der Kennlinienverlauf umgeklappt werden. Dieses Umklappen – auch als Flippen der Kennlinie bezeichnet – erfolgt im Nulldurchgang der Feldstärke der Komponente des magnetischen Feldes in  $x$ -Richtung und wird in der beispielhaft dargestellten Sensoranordnung durch einen Strom, den Flipstrom, hervorgerufen, der den Flipleiter 21 durchfließt und damit eine zweite zusätzliche  
30 Magnetfeldkomponente hervorruft. Die zweite zusätzliche Magnetfeldkomponente in Richtung der  $x$ -Achse wird dem Magnetfeld des Stützmagneten 1 überlagert und steuert damit das Umklappen des Kennlinienverlaufs.

Mit Hilfe dieses Flippens der Kennlinie kann vorteilhaft ein ihr behafteter Offset ermittelt werden. Dazu wird der Flipstrom pulsartig in den Flipleiter 21 eingespeist, damit jeweilig ein Arbeitspunkt der Sensoranordnung eingestellt und der dafür erhaltene Kennlinienverlauf ermittelt. Aus dem Schnittpunkt der resultierenden Kennlinienverläufe bestimmt sich  
5 die mit offset bezeichnete Nullpunktverschiebung.

Im Betrieb der Sensoranordnung wird durch den nun konstant gehaltenen Flipstrom und damit die zweite zusätzliche Magnetfeldkomponente in Richtung der x-Achse nach Bestimmen der mit offset bezeichneten Nullpunktverschiebung ein stabiler Arbeitspunkt  
10 eingestellt. Bei weiterhin fließendem Flipstrom und damit stabilem Arbeitspunkt der Sensoranordnung wird dann in den Kompensationsleiter 14 ein Kompensationsstrom eingespeist und dessen Wert derart eingestellt, dass der Wert des Messsignals  $V_o$  gleich dem zuvor bestimmten Wert der mit offset bezeichneten Nullpunktverschiebung ist. Der Wert des dann fließenden Kompensationsstromes ist ein Maß für die relative magnetische Permeabilität  $\mu_{rel}$  des Mediums, das die Sensoranordnung umgibt, und damit für dessen  
15 Sauerstoffgehalt.

Bei dieser Auslegung des Magnetkreises ergibt sich nur dann eine wirksame Komponente  $H_y$  der magnetischen Feldstärke in y-Richtung, wenn sich die magnetische Permeabilität  
20 des Mediums, das die Sensoranordnung umgibt, ändert. Diese Komponente  $H_y$  der magnetischen Feldstärke in y-Richtung hat den gleichen relativen Temperaturkoeffizienten wie die Remanenz des Stützmagneten 1, d.h. die magnetische Feldstärke bzw. magnetische Induktion des vom Stützmagneten 1 aufgespannten Magnetfeldes  $H$ . Der Wert des Messsignals  $V_o$ , der in der beschriebenen Weise gewonnen wird, ist somit noch von der  
25 Temperatur abhängig und muss unter Verwendung eines zusätzlichen, in der Zeichnung nicht dargestellten Temperatursensors temperaturkompensiert werden. Dies erfolgt vorzugsweise in einer Auswerteschaltung, die mit der ersten Leiteranordnung 6, 7, 8, 9 über den ersten und den zweiten Verbindungspunkt 12, 13 verbunden ist und der das Messsignal  $V_o$  der Sensoranordnung zugeleitet wird. Mit dieser Auswerteschaltung ist auch  
30 der Temperatursensor verbunden, in dem ein Temperatursignal erzeugt wird, welches ein Maß für die aktuelle Temperatur der Sensoranordnung ist. Das Temperatursignal wird ebenfalls der Auswerteschaltung zugeführt zum Kompensieren der temperaturbedingten Änderung des Messsignals  $V_o$  der Sensoranordnung.

- Fig. 8 zeigt ein Beispiel für ein Diagramm mit einer schematischen Darstellung der Temperaturabhängigkeit einer Kennlinie  $V_o$  über  $H_y$  einer magnetoresistiven Sensoranordnung. Aufgetragen sind Kennlinienbeispiele für die vier Werte  $-25^{\circ}\text{C}$ ,  $25^{\circ}\text{C}$ ,  $75^{\circ}\text{C}$  und  $125^{\circ}\text{C}$  der mit  $T$  bezeichneten Temperatur der Sensoranordnung, d.h. des Halbleitersubstrats 4 mit den darauf angeordneten Elementen. Der Arbeitsbereich, in dem diese Kennlinie in dem beschriebenen Beispiel genutzt wird, ist mit OR bezeichnet und beträgt hier etwa  $4 \text{ kA/m}$ . Bei Anwendung der zuvor beschriebenen kompensierenden Messung, bei der in den Kompensationsleiter 14 ein Kompensationsstrom eingespeist und dessen Wert derart eingestellt wird, dass der Wert des Messsignals  $V_o$  gleich dem zuvor bestimmten Wert der mit offset bezeichneten Nullpunktverschiebung ist, wird von den in Fig. 8 dargestellten Kennlinien lediglich ein sehr kleiner Bereich um deren Nullpunkt genutzt. Damit kann dann der Temperaturkoeffizient der Empfindlichkeit des Sensors vernachlässigt werden.
- Die vorstehend beschriebene Sensoranordnung bildet einen integrierten paramagnetischen Sauerstoffsensor. Dabei werden durch eine gradiometrische Auslegung der in der ersten Leiteranordnung zusammengefassten magnetfeldempfindlichen Halbleiterelemente, d.h. durch eine Anordnung dieser Halbleiterelemente in der Konfiguration eines Gradientensensors, homogene magnetische Störfelder unterdrückt. Durch die Anwendung des Flippens der Kennlinie wird eine Kompensation der Nullpunktverschiebung einschließlich deren Temperatureinfluss ermöglicht. Auch der Einfluss der Temperatur auf die Messempfindlichkeit der ersten Leiteranordnung wird durch Ausnutzung des Kompensationsprinzips mit Hilfe der Aufprägung eines Kompensationsstromes bei der Messung vernachlässigbar klein gehalten.
- Der Einfluss der Temperatur auf die Remanenz des Stützmagneten kann zum einen in der beschriebenen Art durch eine zusätzliche Temperaturmessung und eine Kompensation des Temperaturkoeffizienten der Remanenz mittels einer Auswerteschaltung unterdrückt werden. Dazu müssen der Auswerteschaltung Daten über den Temperaturkoeffizienten der Remanenz zugeleitet bzw. in ihr abgespeichert werden. Zum anderen kann eine Kompensation des Temperaturkoeffizienten der Remanenz durch zusätzlich im Bereich des Stützmagneten angeordnete, eingangs als vierte Leiteranordnung bezeichnete, felderzeugende Spulen vorgenommen werden, die ebenfalls in Abhängigkeit von einer an der Sensoranord-

nung gemessenen Temperatur und dem Temperaturkoeffizienten der Remanenz angesteuert werden und die temperaturbedingten Schwankungen der Remanenz kompensieren.

5 Eine gleichzeitige Schwankung sowohl des Sauerstoffgehalts des Mediums als auch der Temperatur kann im Betrieb der Sensoranordnung nur mit Hilfe der beschriebenen, zusätzlichen Temperaturmessung voneinander unterschieden werden. Soll zur Verringerung des apparativen Aufwandes auf eine Temperaturmessung verzichtet werden, müssen diese gleichzeitigen Schwankungen applikativ ausgeschlossen werden.

10 Fig. 9 zeigt in einer Draufsicht ein weiteres Ausführungsbeispiel einer magnetfeldempfindlichen Sensoranordnung nach der Erfindung in schematischer Darstellung. Für die hier gezeigte Sensoranordnung wird ein quaderförmiger Stützmagnet 301 eingesetzt, der an seiner Oberfläche 201 mit einer in der x-Achse zentrisch ausgerichteten Ausnehmung 301 ausgestaltet ist, in deren Mitte ein plättchenförmiges Halbleitersubstrat 401 planparallel zur  
15 Oberfläche 201 angeordnet ist. Das Halbleitersubstrat 401 trägt an seiner dem Stützmagneten 101 abgewandten Oberfläche 501 eine erste Leiteranordnung, die durch die schematische Darstellung von vier magnetfeldempfindlichen Halbleiterelementen 6, 7, 8 und 9 angedeutet und derjenigen aus den Fig. 1 und 2 identisch ist. Ein in der Oberfläche 501 des Halbleitersubstrats 401 liegendes kartesisches Koordinatensystem weist mit seiner y-  
20 Achse in die Messrichtung der Sensoranordnung und mit seiner x-Achse rechtwinklig dazu. Die x-Achse bezeichnet somit die auch insensitiv genannte Koordinatenrichtung der Sensoranordnung, die senkrecht zur sogenannten „hard-axis“ der magnetoresistiven Widerstandselemente verläuft. Die y-Achse bezeichnet somit die auch sensitiv genannte Koordinatenrichtung der Sensoranordnung, die senkrecht zur sogenannten „easy-axis“ der magnetoresistiven Widerstandselemente verläuft. Die magnetoresistiven Widerstandselemente erstrecken sich flächig auf der Oberfläche 501 des Halbleitersubstrats 401, d.h. in der x-y-Ebene des genannten kartesischen Koordinatensystems.

Im Gegensatz zu der Anordnung nach Fig. 1 sind in Fig. 9 zwei Abwandlungen dargestellt.  
30 Zum einen erstreckt sich die Ausnehmung 301 auf der Oberseite 201 des Stützmagneten 101 in y-Richtung, d.h. in der sensitiven Richtung der Sensoranordnung, über die gesamte Ausdehnung des Stützmagneten 101. Damit wird am Ort des Halbleitersubstrats 401 ein nur in x-Richtung wenigstens nahezu divergenzfreies Magnetfeld erhalten, wohingegen das

Magnetfeld in der sensitiven y-Richtung am Ort des Halbleitersubstrats 401 divergent ist. Zum anderen ist eine Hälfte der Sensoranordnung, d.h. des Stützmagneten 101 und des Halbleitersubstrats 401, mit einer Abdeckung 502 versehen, deren Kante entlang der x-Achse mittig über den Stützmagneten 101 und das Halbleitersubstrat 401 verläuft. Die Abdeckung 502 ist aus einem Werkstoff gefertigt, der einen Einfluss der magnetischen Permeabilität des zu messenden Mediums auf die aus dem dritten und dem vierten Halbleiterelement 8, 9 gebildete zweite Halbbrücke der ersten Leiteranordnung 6, 7, 8, 9 unterdrückt, und kapselt diese bevorzugt vollständig ein. Das die Sensoranordnung im übrigen umgebende, zu messende Medium umgibt die erste Leiteranordnung 6, 7, 8, 9 nur im Bereich ihrer aus dem ersten und dem zweiten Halbleiterelement 6, 7 gebildeten ersten Halbbrücke. Der Werkstoff der Abdeckung 502 kann magnetisch leitend oder magnetisch nichtleitend sein; seine magnetische Permeabilität ist vorzugsweise konstant. Insbesondere kann diese magnetische Permeabilität in Abstimmung mit der Gestaltung des Stützmagneten 101 derart gewählt sein, dass in der Umgebung der zweiten Halbbrücke 8, 9 ein wenigstens weitgehend divergenzfreies Magnetfeld entsteht.

Fig. 10 zeigt eine detailliertere, schematische Darstellung des Halbleitersubstrats 401 des zweiten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen magnetfeldempfindlichen Sensoranordnung nach Fig. 9. Die die Halbleiterelemente 6, 7, 8 und 9 umfassende erste Leiteranordnung entspricht derjenigen der Anordnung nach Fig. 2, wobei aber die Messsignale am ersten und am zweiten Verbindungspunkt 12, 13 der einzelnen Halbbrücken 6, 7 und 8, 9 jetzt getrennt ausgewertet werden können und daher mit den getrennten Bezeichnungen Vo1 und Vo2 versehen sind. Dies wird durch entsprechende Verbindungen mit einer nicht dargestellten Auswerteschaltung erreicht.

Neben der ersten Leiteranordnung befindet sich auf der Oberfläche 501 des Halbleitersubstrats 401 eine zweite Leiteranordnung. Diese umfasst zu jedem der vier Halbleiterelemente 6, 7, 8 und 9 je einen auf diesem und ihm gegenüber elektrisch isoliert aufgetragenen Leiterstreifen 15, 16, 17, 18. Der erste 15 und der zweite 16 dieser Leiterstreifen sind in der dargestellten Weise miteinander in Reihenschaltung verbunden und bilden einen ersten Kompensationsleiter 141. An seinen Enden ist der erste Kompensationsleiter 141 mit Anschlüssen 143 und 144 verbunden. Der dritte 17 und der vierte 18 der Leiterstreifen der zweiten Leiteranordnung sind ebenfalls miteinander in Reihenschaltung verbunden und

bilden einen zweiten Kompensationsleiter 142. An seinen Enden ist der zweite Kompensationsleiter 142 mit Anschlüssen 145 und 146 verbunden. Werden den Kompensationsleitern 141, 142 Ströme, auch als erster bzw. zweiter Kompensationsstrom  $I_{comp1}$  bzw.  $I_{comp2}$  bezeichnet, aufgeprägt, erzeugt jeder der Leiterstreifen 15, 16, 17, 18 am Ort des zugehörigen Halbleiterelements 6, 7, 8 bzw. 9 eine Magnetfeldkomponente in Messrichtung, d.h. in Richtung der y-Achse, die dem Messfeld überlagert wird und durch die ein äußeres Magnetfeld – insbesondere ein Störfeld, aber je nach Betriebsweise der Sensoranordnung ggf. auch das Messfeld – kompensiert werden kann. Dabei können den Kompensationsleitern 141, 142 unterschiedliche Kompensationsströme aufgeprägt und damit den Halbleiterelementen 6,7 bzw. 8, 9 der verschiedenen Halbbrücken unterschiedliche Magnetfeldkomponenten in Messrichtung überlagert werden.

Über der ersten und der zweiten Leiteranordnung 6, 7, 8, 9 und 141, 142 ist bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 10 schließlich eine dritte Leiteranordnung 21 aufgebracht, die in ihrer Ausführung derjenigen der Fig. 2 entspricht und auch wieder als Flipleiter dient.

Die magnetfeldempfindliche Sensoranordnung nach dem Ausführungsbeispiel der Fig. 9 und 10 enthält schließlich eine fünfte Leiteranordnung, die eine elektrische Halbbrücke mit zwei gegenüber Magnetfeldern unempfindlichen Brückenzweigen umfasst. Diese fünfte auch als Referenzhalbbrücke bezeichnete Leiteranordnung ist zum Liefern eines von den Magnetfeldern unabhängigen Referenzsignals vorgesehen und in den Zeichnungen nicht dargestellt. Die Referenzhalbbrücke wird mit den einzelnen Halbbrücken der ersten Leiteranordnung in einem vorgegebenen Betriebszustand der Sensoranordnung zu einer Brückenschaltung verbunden. Wahlweise ist die Referenzhalbbrücke mit der ersten Leiteranordnung oder vorzugsweise mit der Auswerteschaltung integriert.

Fig. 14 zeigt als drittes Beispiel für die Ausgestaltung eines Stützmagneten zum Einsatz in einer erfindungsgemäßen magnetfeldempfindlichen Sensoranordnung eine separate Darstellung des Stützmagneten 101, wie er in einer Sensoranordnung gemäß den Fig. 9 und 10 eingesetzt wird. Als Bemessungsbeispiel kann ein derartiger Stützmagnet 101 die Außenabmessungen 8mm\*6mm\*4,5mm aufweisen.

Mit der Sensoranordnung gemäß den Fig. 9 und 10 kann eine Messung z.B. der Sauer-



stoffkonzentration in dem die erste Halbbrücke 6, 7 umgebenden Medium nach dem folgenden Schema vorgenommen werden.

In einem ersten Arbeitsschritt wird durch elektrisches Verbinden aus der ersten Halbbrücke 6, 7 und der Referenzhalbbrücke eine Vollbrücke gebildet. Die Kompensationsleiter 141, 142 führen in diesem Arbeitsschritt keine Kompensationsströme. Durch Anlegen eines Flipstromes an den Flipleiter 21 wird nun die Kennlinie der magnetfeldempfindlichen ersten Halbbrücke 6, 7 umgeklappt (d.h. „geflippt“) und in den beiden damit eingestellten Arbeitspunkten der ersten Halbbrücke 6, 7 eine Brückenausgangsspannung gemessen, die sich aus dem Messsignal Vo1 der ersten Halbbrücke 6, 7 und des von den Magnetfeldern unabhängigen Referenzsignals zusammensetzt. Die Nullpunktverschiebung des Kennlinienverlaufs für das Messsignal Vo1 – wiederum als Offset bezeichnet – entspricht dann dem Mittelwert der in den beiden Arbeitspunkten gemessenen Brückenausgangsspannungen. Dieser Messung liegen Verhältnisse zugrunde, die der Fig. 7 vergleichbar sind.

15

In einem zweiten Arbeitsschritt wird durch elektrisches Verbinden aus der mit der Abdeckung 502 auf dem Halbleitersubstrat 401 und dem Stützmagneten 101 versehenen zweiten Halbbrücke 8, 9 und der Referenzhalbbrücke eine Vollbrücke gebildet. Die Kompensationsleiter 141, 142 führen auch in diesem Arbeitsschritt noch keine Kompensationsströme. Durch Anlegen eines Flipstromes an den Flipleiter 21 wird nun die Kennlinie der magnetfeldempfindlichen zweiten Halbbrücke 8, 9 umgeklappt (d.h. „geflippt“) und in den beiden damit eingestellten Arbeitspunkten der zweiten Halbbrücke 8, 9 eine Brückenausgangsspannung gemessen, die sich aus dem Messsignal Vo2 der zweiten Halbbrücke 8, 9 und des Referenzsignals zusammensetzt. Die Nullpunktverschiebung des Kennlinienverlaufs für das Messsignal Vo2 – wiederum als Offset bezeichnet – entspricht dann dem Mittelwert der in den beiden Arbeitspunkten gemessenen Brückenausgangsspannungen. Auch dieser Messung liegen Verhältnisse zugrunde, die der Fig. 7 vergleichbar sind.

25

In einem dritten Arbeitsschritt kann nun mit Berücksichtigung der im ersten und zweiten Arbeitsschritt ermittelten Nullpunktverschiebungen die im zweiten Arbeitsschritt gebildete Vollbrücke mittels eines durch den zweiten Kompensationsleiter 142 gespeisten zweiten Kompensationsstromes Icomp2 abgeglichen werden. Damit wird die magnetische Feldstärke in sensitiver Richtung der magnetfeldempfindlichen Halbleiterelemente 8, 9

30

direkt gemessen, so dass der Temperaturkoeffizient des Magnetmaterials des Stützmageten 101 berücksichtigt, d.h. sein Einfluss auf die Messung unterdrückt wird.

- Im vierten Arbeitsschritt wird der im dritten Arbeitsschritt bestimmte zweite
- 5 Kompensationsstrom  $I_{comp2}$  weiterhin durch den zweiten Kompensationsleiter 142 der abgedeckten zweiten Halbbrücke 8, 9 gespeist. Anschließend wird ein erster Kompensationsstrom  $I_{comp1}$  durch den ersten Kompensationsleiter 141 der nicht abgedeckten ersten Halbbrücke 6, 7 gespeist und derart eingestellt, dass das gesamte Brückenausgangssignal, d.h. die Differenz der Messsignale  $V_{o1}$  und  $V_{o2}$ , zu Null wird. Damit wird eine lineare
- 10 Abhängigkeit zwischen der magnetischen Feldstärke  $H_y$  in sensitiver Richtung der magnetfeldempfindlichen Halbleiterelemente 6, 7 und der relativen magnetischen Permeabilität des diese Halbleiterelemente 6, 7 umgebenden Mediums genutzt, wie sie im Diagramm nach Fig. 11 dargestellt ist. Dieses Diagramm zeigt die genannte Abhängigkeit in dem durch Variation des Sauerstoffgehalts eines Mediums, vorzugsweise eines gasförmigen Mediums, überstrichenen Wertebereich der relativen magnetischen Permeabilität  $\mu_{rel}$ , d.h. die
- 15 Modulation der magnetischen Feldstärke  $H_y$  der auch als Streufeld bezeichneten Komponente des magnetischen Feldes in der sensitiven Richtung durch die Änderung der relativen magnetischen Permeabilität  $\mu_{rel}$  des umgebenden gasförmigen Mediums. Damit kann diese lineare Abhängigkeit zur Sauerstoffmessung genutzt werden.

20

- In einem fünften Arbeitsschritt wird die Differenz der beiden, in den vorausgehenden Arbeitsschritten eingestellten Kompensationsströme  $I_{comp1}$  und  $I_{comp2}$  ermittelt. Sie ist ein Maß für den Sauerstoffgehalt des umgebenden Mediums. Dagegen ist der zweite Kompensationsstrom  $I_{comp2}$ , der durch die unter der Abdeckung 502 gelegenen Leiterstreifen
- 25 ~~17, 18 des zweiten Kompensationsleiters 142 fließt, ein direktes Maß für die gegebenenfalls~~ temperatur- und alterungsabhängige magnetische Feldstärke des Magnetfeldes.

- Werden bei dem vorstehend beschriebenen, zweiten Ausführungsbeispiel die fünf genannten Arbeitsschritte zyklisch wiederholt, lassen sich mit einer derartigen
- 30 Sensoranordnung durch eine gradiometrische Auslegung der Halbleiterelemente 6, 7, 8, 9 wie im ersten beschriebenen Ausführungsbeispiel homogene magnetische Störfelder unterdrücken. Das Flippen der Kennlinien ermöglicht auch hier eine einfache und wirksame Bestimmung sowie einen Ausgleich der Nullpunktverschiebung einschließlich

- deren Temperaturabhängigkeit. Durch Anwendung eines Kompensationsprinzips mit Hilfe der durch die Kompensationsleiter gespeisten Kompensationsströme lässt sich der Einfluss der Temperatur auf die Messempfindlichkeit der Sensoranordnung vernachlässigbar klein halten. Zusätzlich wird der Einfluss der Temperatur auf die Remanenz des Stützmagneten kompensiert. Schließlich ist es durch die Auswertung der Kompensationsströme in beiden Kompensationsleitern möglich, auch zeitgleich erfolgende Änderungen von Temperatur und zu messendem Sauerstoffgehalt getrennt auszuwerten, ohne dass eine zusätzliche Temperaturmessung notwendig ist.
- 10 Die Erfindung schafft eine kostengünstig, miniaturisierte Ausführung eines paramagnetischen Sauerstoffsensors, mit der bei ausreichend hohen Signalhuben und vernachlässigbarer Querempfindlichkeit die in vielen Anwendungsgebieten benötigte Messung des Sauerstoffgehalts eines Gasgemisches ermöglicht wird. Der Einsatz von magnetoresistiven Elementen, die als magnetoresistiven Effekt den sogenannten GMR-
- 15 Effekt ausnutzen, ist dabei zu bevorzugen, weil dadurch eine besonders hohe Messempfindlichkeit der erfindungsgemäßen Sensoranordnung erzielt wird.

BEZUGSZEICHENLISTE

- |    |  |     |
|----|--|-----|
| 1  | Stützmagnet mit quadratischem Grundriss  | --- |
| 2  | Oberfläche des Stützmagneten 1   |     |
| 5  | 3 Ausnehmung in der Oberfläche 2 des Stützmagneten 1   |     |
| 4  | Halbleitersubstrat   |     |
| 5  | dem Stützmagneten 1 abgewandte Oberfläche des Halbleitersubstrats 4                                      |     |
| 6  | erstes magnetfeldempfindliches Halbleiterelement zur ersten Halbbrücke der ersten Leiteranordnung        |     |
| 10 | 7 zweites magnetfeldempfindliches Halbleiterelement zur ersten Halbbrücke der ersten Leiteranordnung     |     |
|    | 8 drittes magnetfeldempfindliches Halbleiterelement zur zweiten Halbbrücke der ersten Leiteranordnung    |     |
|    | 9 viertes magnetfeldempfindliches Halbleiterelement zur zweiten Halbbrücke der ersten Leiteranordnung    |     |
| 15 | 10 erster Versorgungsspannungsanschluss  |     |
|    | 11 zweiter Versorgungsspannungsanschluss (z.B. an Massepotential)  |     |
|    | 12 erster Verbindungspunkt   |     |
|    | 13 zweiter Verbindungspunkt  |     |
| 20 | 14 zweite Leiteranordnung, auch als Kompensationsleiter bezeichnet                                       |     |
|    | 15 erster Leiterstreifen der zweiten Leiteranordnung 14 bzw. 141, 142 (zum ersten Halbleiterelement 6)   |     |
|    | 16 zweiter Leiterstreifen der zweiten Leiteranordnung 14 bzw. 141, 142 (zum zweiten Halbleiterelement 7) |     |
| 25 | 17 dritter Leiterstreifen der zweiten Leiteranordnung 14 bzw. 141, 142 (zum dritten Halbleiterelement 8) |     |
|    | 18 vierter Leiterstreifen der zweiten Leiteranordnung 14 bzw. 141, 142 (zum vierten Halbleiterelement 9) |     |
|    | 19 erster Anschluss der zweiten Leiteranordnung 14   |     |
| 30 | 20 zweiter Anschluss der zweiten Leiteranordnung 14  |     |
|    | 21 dritte Leiteranordnung, auch als Flipleiter bezeichnet  |     |
|    | 22 erster Leiterstreifen der dritten Leiteranordnung 21 (zum ersten Halbleiterelement 6)                 |     |

- 23 zweiter Leiterstreifen der dritten Leiteranordnung 21 (zum zweiten Halbleiterelement 7)
- 24 dritter Leiterstreifen der dritten Leiteranordnung 21 (zum dritten Halbleiterelement 8)
- 5 25 vierter Leiterstreifen der dritten Leiteranordnung 21 (zum vierten Halbleiterelement 9)
- 26 erster Anschluss der dritten Leiteranordnung 21
- 27 zweiter Anschluss der dritten Leiteranordnung 21
  
- 10 100 Stützmagnet, Variation gemäß Fig. 13
- 101 Stützmagnet, Variation gemäß Fig. 14
  
- 141 erster Kompensationsleiter gemäß Fig. 10
- 142 zweiter Kompensationsleiter gemäß Fig. 10
- 15 143 erster Anschluss des ersten Kompensationsleiters 141
- 144 zweiter Anschluss des ersten Kompensationsleiters 141
- 145 erster Anschluss des zweiten Kompensationsleiters 142
- 146 zweiter Anschluss des zweiten Kompensationsleiters 142
  
- 20 200 Oberfläche des Stützmagneten 100
- 201 Oberfläche des Stützmagneten 101
  
- 300 Ausnehmung in der Oberfläche 200 des Stützmagneten 100
- 301 Ausnehmung in der Oberfläche 201 des Stützmagneten 101
- 25
- 401 Halbleitersubstrat, Variation gemäß Fig. 10
  
- 501 dem Stützmagneten 101 abgewandte Oberfläche des Halbleitersubstrats 401
- 502 Abdeckung auf dem Halbleitersubstrat 401 und dem Stützmagneten 101

- H vom Stützmageten 1 aufgespanntes Magnetfeldes  
 Hy magnetische Feldstärke des Messfeldes
- Icomp1 erster Kompensationsstrom im ersten Kompensationsleiter 141  
 5 Icomp2 zweiter Kompensationsstrom im zweiten Kompensationsleiter 142
- Mx Symbolisierung der Richtung der Orientierung des Magnetfeldes in x-Richtung am Ort der Sensoranordnung in der Darstellung des Kennlinienverlaufs Vo über Hy
- 10 offset Nullpunktverschiebung des Kennlinienverlaufs Vo über Hy  
 OR Arbeitsbereich, in dem die Kennlinie Vo über Hy genutzt wird
- T Temperatur der Sensoranordnung, d.h. des Halbleitersubstrats 4 mit den darauf angeordneten Elementen  
 15
- Vo Messsignal  
 Vo1 Messsignal der ersten Halbbrücke 6, 7  
 Vo2 Messsignal der zweiten Halbbrücke 8, 9
- 20 x insensitive Koordinatenrichtung eines in der Oberfläche 5 des Halbleitersubstrats 4 der Sensoranordnung liegenden kartesischen Koordinatensystems
- y sensitive Koordinatenrichtung eines in der Oberfläche 5 des Halbleitersubstrats 4 der Sensoranordnung liegenden kartesischen Koordinatensystems; Messrichtung  
 25 der-Sensoranordnung
- z Koordinatenrichtung rechtwinklig zu einer durch die x- und die y-Achse aufgespannten Ebene
- 30 mrel relative magnetische Permeabilität des Mediums, das die Sensoranordnung umgibt

PATENTANSPRÜCHE

1. Magnetfeldempfindliche Sensoranordnung, umfassend  
- eine erste Leiteranordnung mit wenigstens zwei elektrischen Halbbrücken mit je wenigstens zwei Brückenzeigen, von denen wenigstens einer ein magnetfeldempfindliches Halbleiterelement enthält, welche Sensoranordnung in  
5 Abhängigkeit von der magnetischen Feldstärke einer als Messfeld bezeichneten, in einer Messrichtung der Sensoranordnung ausgerichteten Komponente eines Magnetfeldes am Ort wenigstens einer der Halbbrücken ein Messsignal liefert, sowie  
- eine Vorrichtung, welche das Messfeld mit einem Wert ihrer magnetischen  
Feldstärke aufspannt, der von der magnetischen Permeabilität eines die  
10 Sensoranordnung wenigstens teilweise umgebenden Mediums abhängt, wodurch das Messsignal ein Maß für die magnetische Permeabilität des Mediums darstellt.
2. Magnetfeldempfindliche Sensoranordnung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
15 dass das wenigstens eine magnetfeldempfindliche Element als magnetoresistives Element ausgebildet ist.
3. Magnetfeldempfindliche Sensoranordnung nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
20 dass die das Magnetfeld aufspannende Vorrichtung mit einem Stützmagneten ausgebildet ist.

4. Magnetfeldempfindliche Sensoranordnung nach Anspruch 3,  
dadurch gekennzeichnet,

dass der Stützmagnet an einer seiner Oberflächen mit einer Ausnehmung ausgestaltet ist,  
über oder in der die erste Leiteranordnung angeordnet ist.

5

5. Magnetfeldempfindliche Sensoranordnung nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet,

dass der Stützmagnet derart magnetisiert ist, dass die Feldlinien des von ihm aufgespannten  
Magnetfeldes im wesentlichen senkrecht aus einer Bodenfläche der Ausnehmung austreten.

10

6. Magnetfeldempfindliche Sensoranordnung nach Anspruch 2,  
gekennzeichnet durch

wenigstens eine zweite Leiteranordnung zum Erzeugen wenigstens einer ersten zusätzlichen  
Magnetfeldkomponente in der Messrichtung der Sensoranordnung.

15

7. Magnetfeldempfindliche Sensoranordnung nach Anspruch 6,  
dadurch gekennzeichnet,

dass die wenigstens eine erste zusätzliche Magnetfeldkomponente zum Überlagern  
und/oder Kompensieren eines der Sensoranordnung äußerlich aufgeprägten Magnetfeldes  
in der Messrichtung vorgesehen ist.

20

8. Magnetfeldempfindliche Sensoranordnung nach Anspruch 2,  
gekennzeichnet durch

wenigstens eine dritte Leiteranordnung zum Erzeugen wenigstens einer zweiten  
zusätzlichen Magnetfeldkomponente in einer zur Messrichtung der Sensoranordnung  
zumindest weitgehend rechtwinkligen Richtung.

25



9. Magnetfeldempfindliche Sensoranordnung nach Anspruch 8,

dadurch gekennzeichnet,

dass die wenigstens eine zweite zusätzliche Magnetfeldkomponente zum Einstellen eines Arbeitspunktes der Sensoranordnung vorgesehen ist.

5

10. Magnetfeldempfindliche Sensoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

gekennzeichnet durch

eine Auswerteschaltung, der das Messsignal der Sensoranordnung zugeleitet wird, sowie

10 eine mit der Auswerteschaltung gekoppelte Temperaturmessvorrichtung, in der ein Temperatursignal erzeugt wird, welches ein Maß für die aktuelle Temperatur der Sensoranordnung und/oder des sie umgebenden Mediums ist, wobei das Temperatursignal ebenfalls der Auswerteschaltung zugeführt wird zum Kompensieren einer temperaturbedingten Änderung des Messsignals der Sensoranordnung.

15

11. Magnetfeldempfindliche Sensoranordnung nach Anspruch 10,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Kompensieren der temperaturbedingten Änderung des Messsignals der Sensoranordnung in der Auswerteschaltung auch das Kompensieren einer

20 Temperaturabhängigkeit der Vorrichtung, welche das Messfeld aufspannt, umfasst.

12. Magnetfeldempfindliche Sensoranordnung nach Anspruch 10,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Kompensieren temperaturbedingter Änderungen des Messsignals der

25 Sensoranordnung in der Auswerteschaltung durch Umwandeln der Werte des Messsignals nach einer vorgegebenen Funktion der Temperatur erfolgt.

13. Magnetfeldempfindliche Sensoranordnung nach Anspruch 10,  
gekennzeichnet durch

wenigstens eine mit der Auswerteschaltung gekoppelte und von dieser gemäß einer vorgegebenen Funktion der Temperatur gespeiste vierte Leiteranordnung zum Aufprägen  
5 wenigstens einer dritten zusätzlichen Magnetfeldkomponente zum Kompensieren temperaturbedingter Änderungen des Messsignals der Sensoranordnung.

14. Magnetfeldempfindliche Sensoranordnung nach Anspruch 10,  
gekennzeichnet durch

10 wenigstens eine fünfte Leiteranordnung, die wenigstens eine elektrische Halbbrücke mit wenigstens zwei gegenüber Magnetfeldern unempfindlichen Brückenzweigen umfasst, welche fünfte Leiteranordnung mit der ersten Leiteranordnung oder Teilen derselben in einem vorgegebenen Betriebszustand der Sensoranordnung zu einer Brückenschaltung verbunden ist.

15

15. Magnetfeldempfindliche Sensoranordnung nach Anspruch 14,  
dadurch gekennzeichnet,

dass die fünfte Leiteranordnung mit wenigstens der ersten Leiteranordnung auf einem gemeinsamen Bauelement zusammengefasst ist.

20

16. Magnetfeldempfindliche Sensoranordnung nach Anspruch 14,  
dadurch gekennzeichnet,

dass die fünfte Leiteranordnung mit wenigstens der Auswerteschaltung auf einem gemeinsamen Bauelement zusammengefasst ist.

25

17. Magnetfeldempfindliche Sensoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das die Sensoranordnung umgebende Medium die erste Leiteranordnung nur im
- 5 Bereich eines Teils ihrer Halbbrücken umgibt und dass die Sensoranordnung im übrigen von einem Werkstoff umgeben ist, der einen Einfluss der magnetischen Permeabilität des Mediums auf wenigstens eine der Halbbrücken der ersten Leiteranordnung unterdrückt.
18. Magnetfeldempfindliche Sensoranordnung nach einem der vorhergehenden
- 10 Ansprüche,  
gekennzeichnet durch  
eine Ausgestaltung für ein Medium mit variablem Sauerstoffgehalt.



## ZUSAMMENFASSUNG

### Magnetfeldempfindliche Sensoranordnung

Eine magnetfeldempfindliche Sensoranordnung umfasst

- eine erste Leiteranordnung mit wenigstens zwei elektrischen Halbbrücken mit je
- 5 wenigstens zwei Brückenzeigen, von denen wenigstens einer ein magnetfeldempfindliches Halbleiterelement enthält, welche Sensoranordnung in Abhängigkeit von der magnetischen Feldstärke einer als Messfeld bezeichneten, in einer Messrichtung der Sensoranordnung ausgerichteten Komponente eines Magnetfeldes am Ort wenigstens einer der Halbbrücken ein Messsignal liefert, sowie
- 10 - eine Vorrichtung, welche das Messfeld mit einem Wert ihrer magnetischen Feldstärke aufspannt, der von der magnetischen Permeabilität eines die Sensoranordnung wenigstens teilweise umgebenden Mediums abhängt, wodurch das Messsignal ein Maß für die magnetische Permeabilität des Mediums darstellt.
- 15 Damit wird eine einfache Sensoranordnung zur Messung eines ein Magnetfeld beeinflussenden Mediums geschaffen.

Fig. 1



1/7

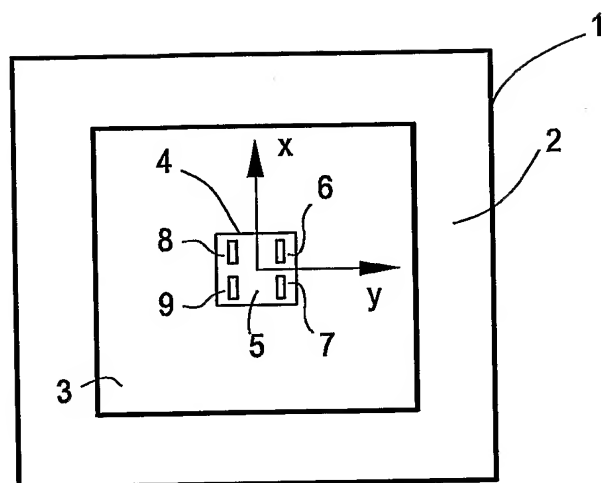


FIG. 1

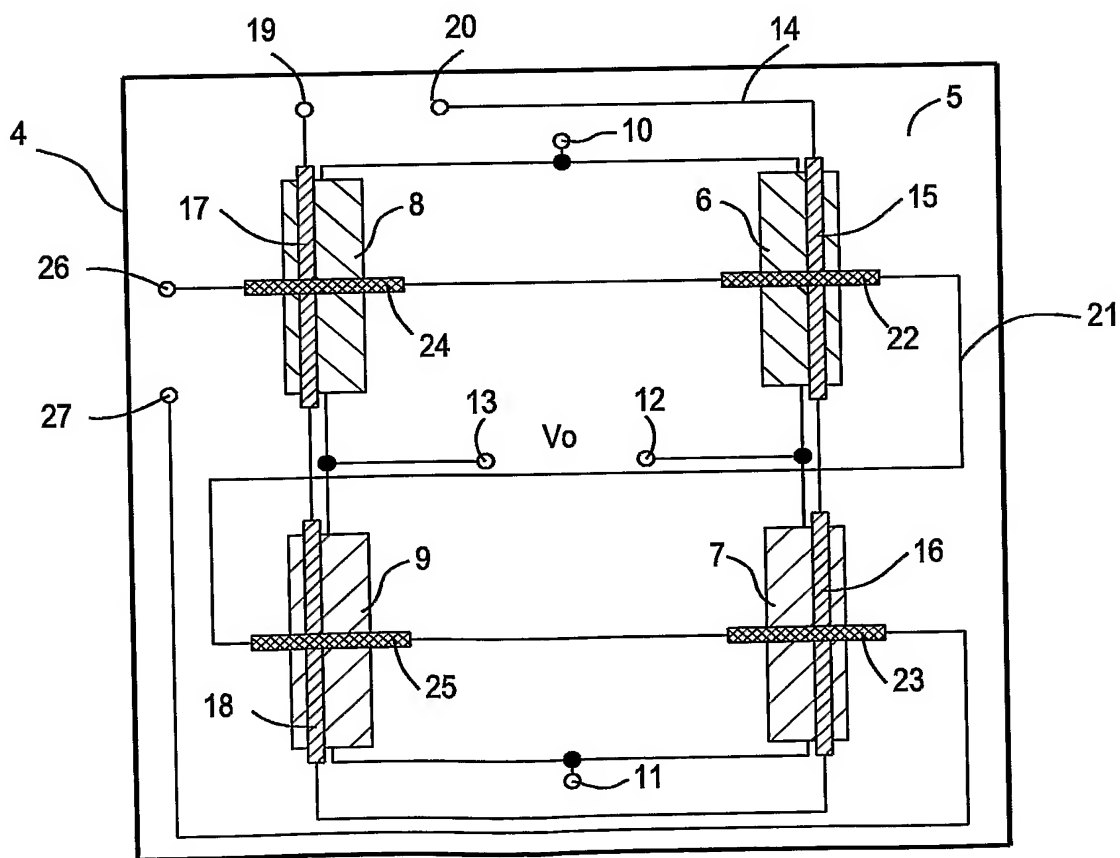


FIG. 2

2/7

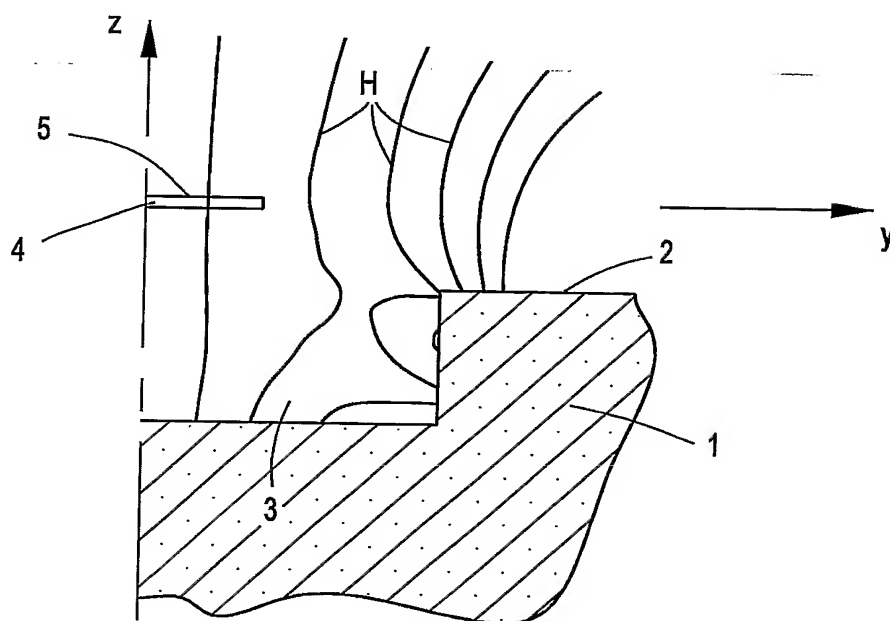


FIG. 3

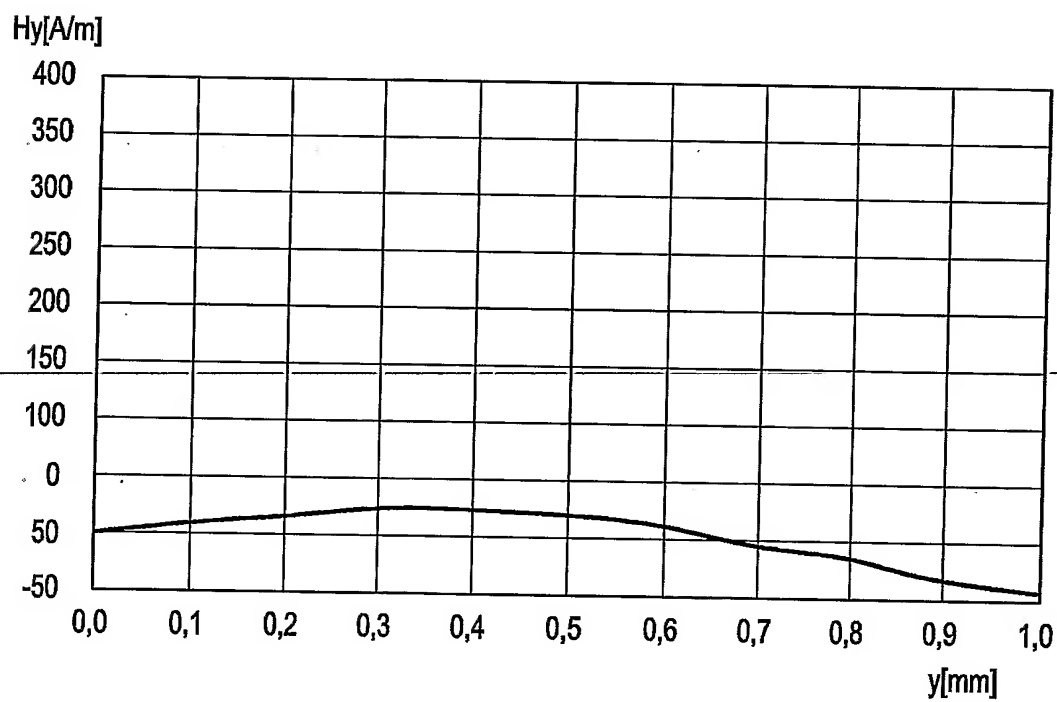


FIG. 4



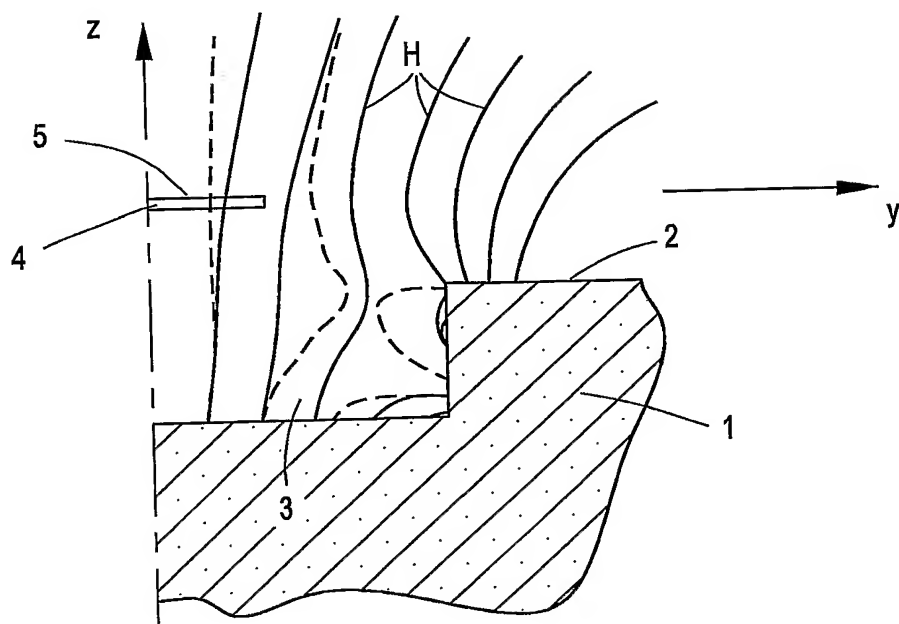


FIG. 5

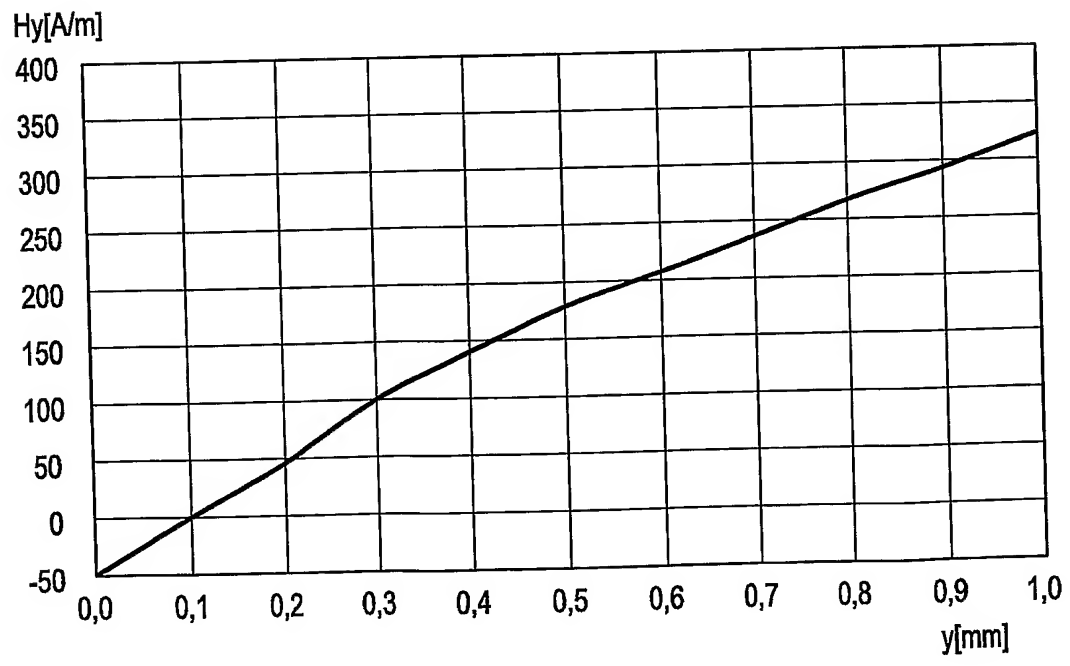


FIG. 6

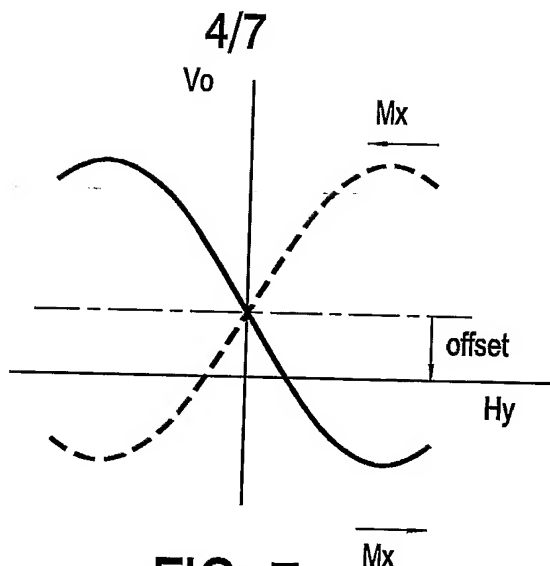


FIG. 7

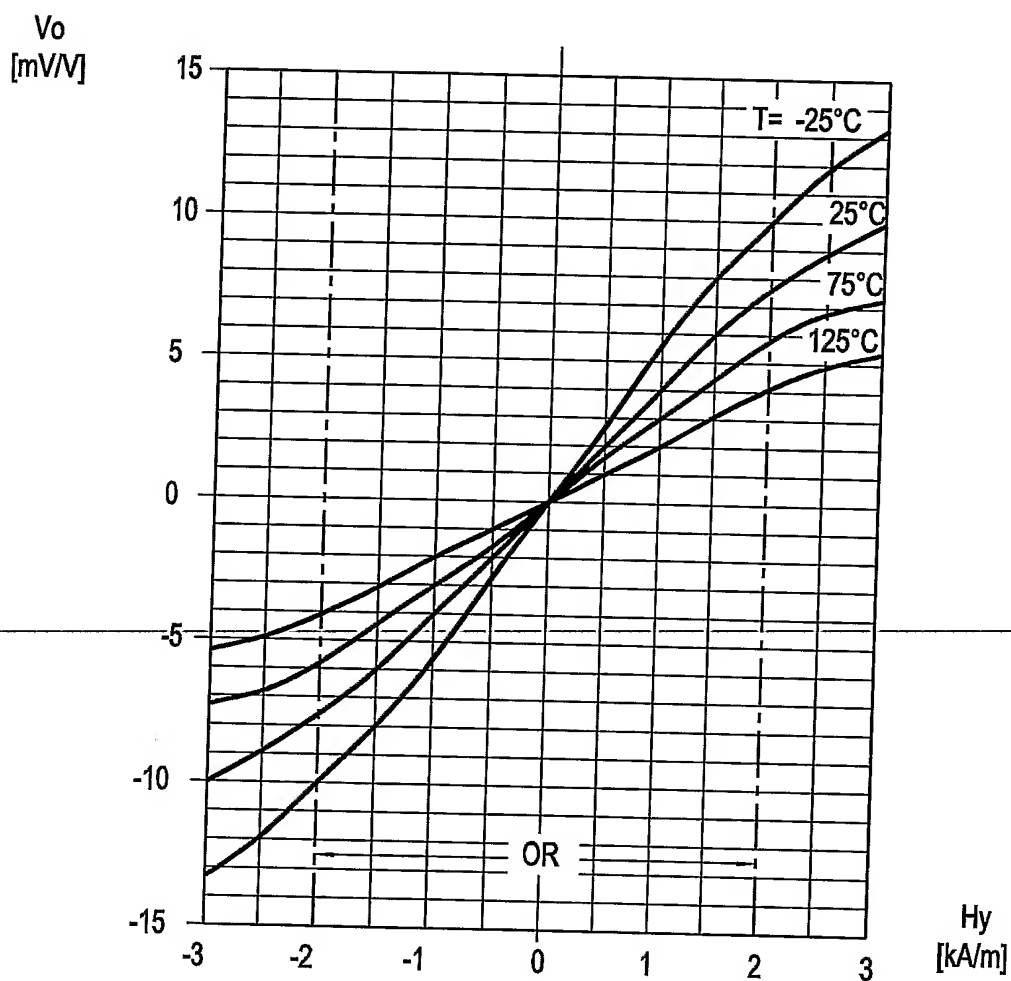


FIG. 8

5/7

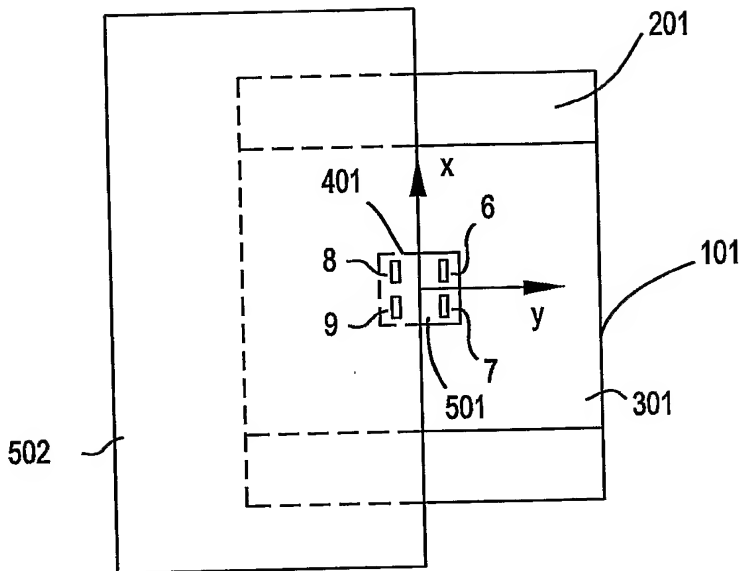


FIG. 9

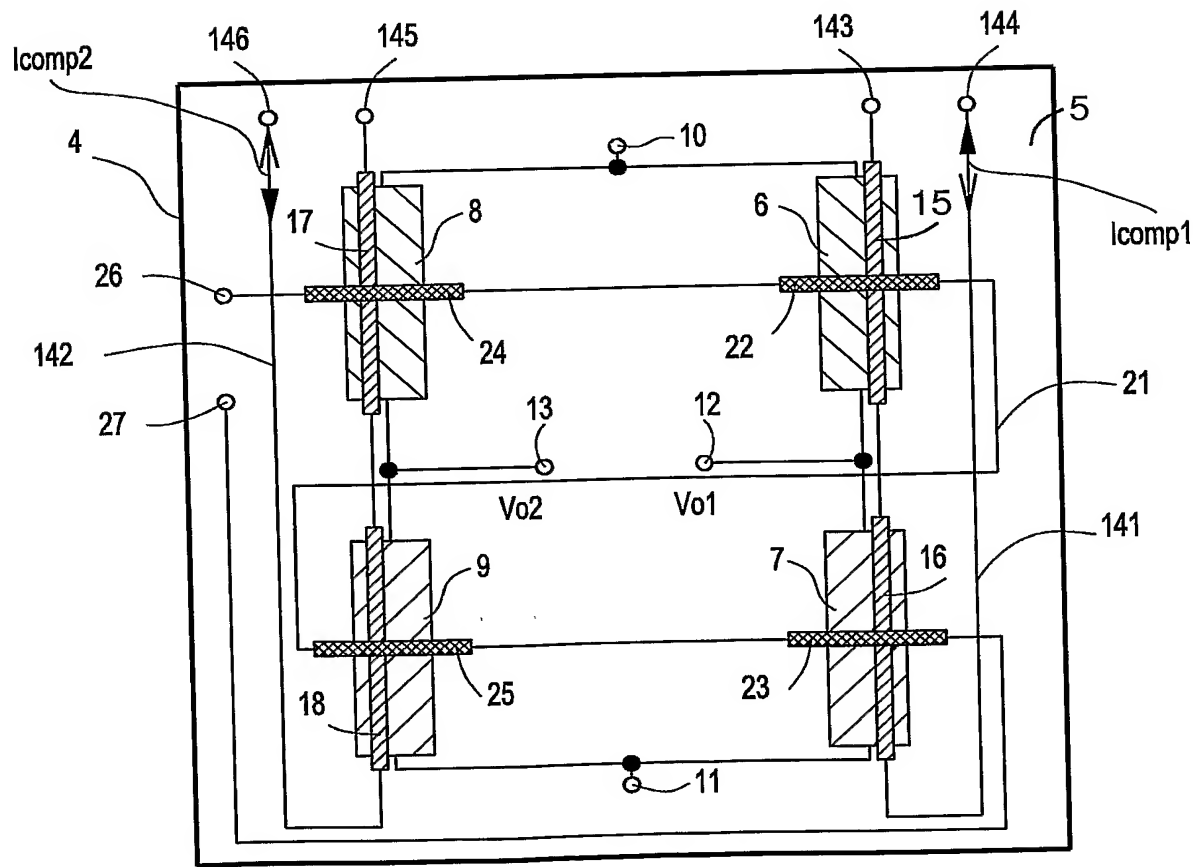


FIG. 10

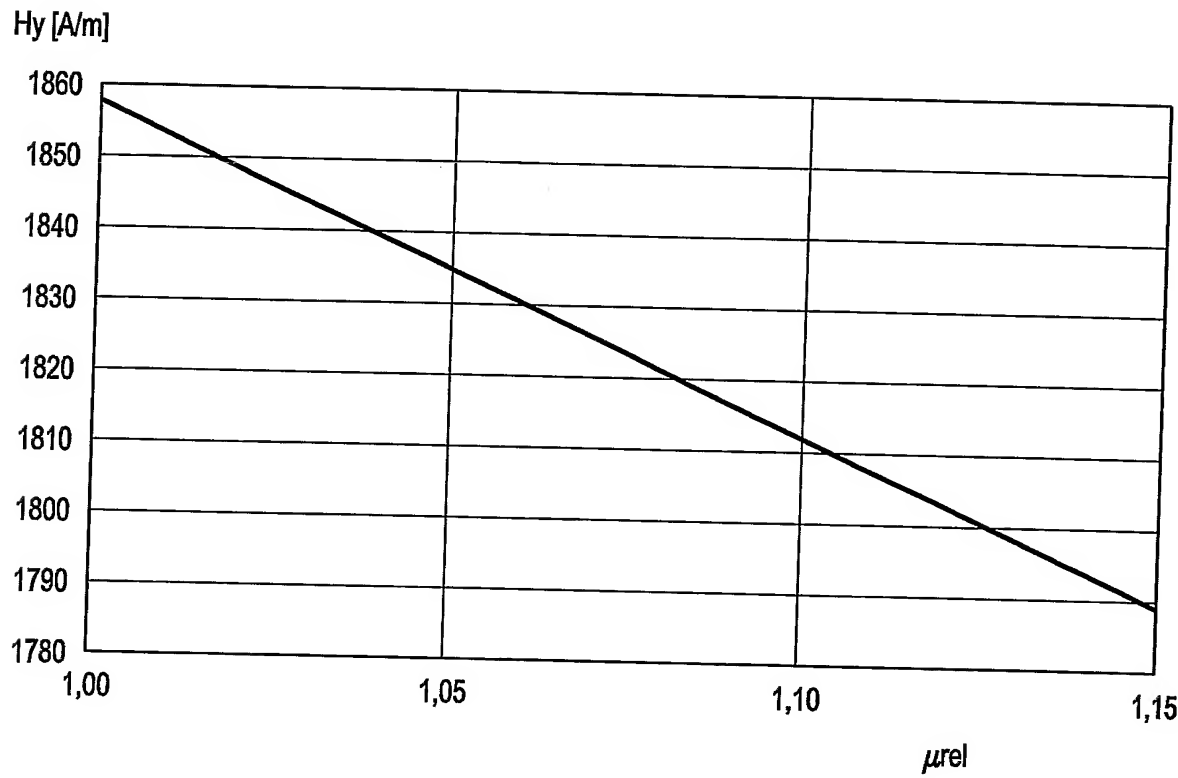


FIG. 11

7/7

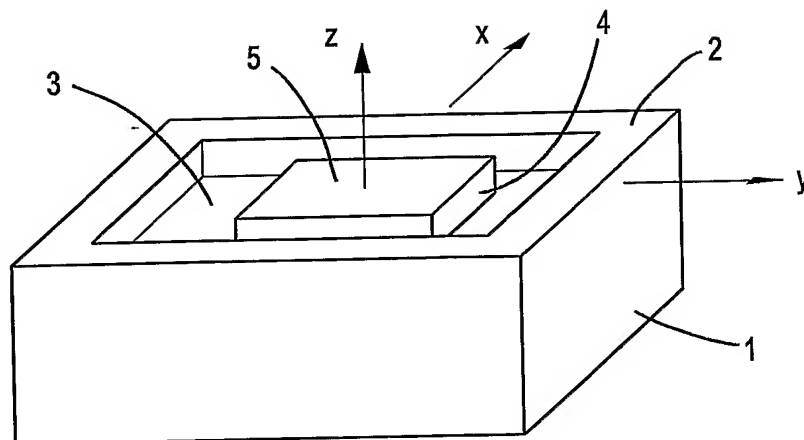


FIG. 12

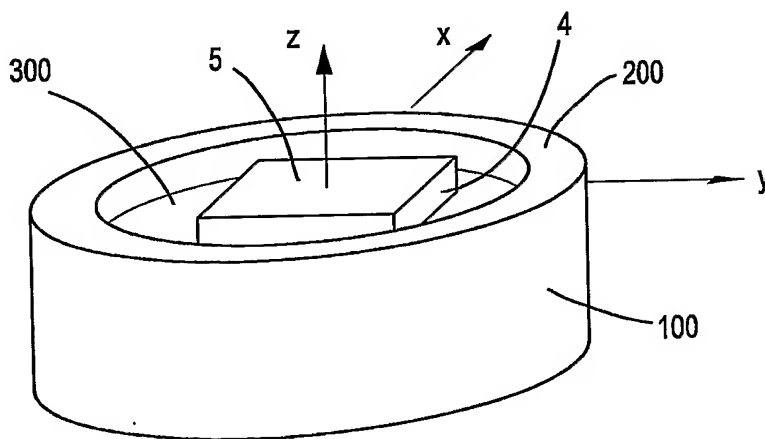


FIG. 13

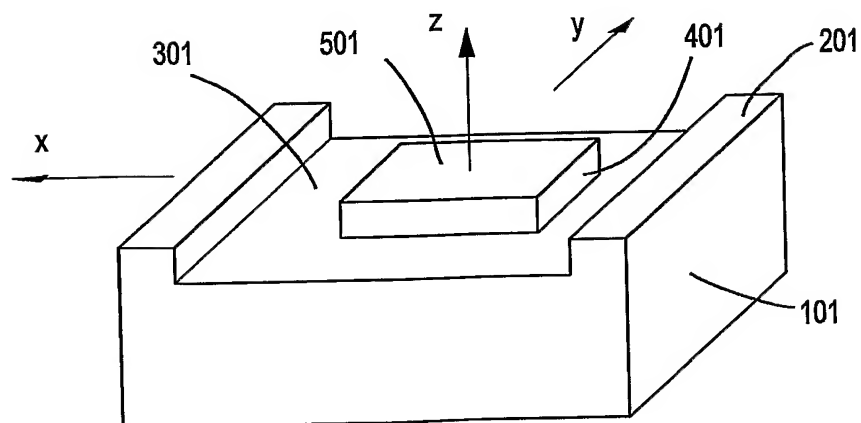


FIG. 14

**PCT/IB2004/052546**

